

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 廃棄物焼却炉に付設した廃熱ボイラー(運転圧力 $P=3.92\text{MPa}$ 、飽和温度 $t_s=249.18^\circ\text{C}$)において、焼却炉出口高温側(廃熱ボイラー入口側)は、ガスの流れの方向に4面のパネル式水冷壁(矩形断面)で構成され、現状では、入口燃焼排ガス温度 $t_1=870^\circ\text{C}$ 、ガスの流れの方向下流側にある矩形断面の燃焼排ガス温度 $t_2=630^\circ\text{C}$ で運転されている。この設備のダイオキシン生成を抑制することを目的として、この水冷壁を不定形耐火物(熱伝導率 $\lambda_c=1.07\text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$)で覆うことによって熱吸収を抑え、前述の下流側にある矩形断面の燃焼排ガス温度 $t_r=800^\circ\text{C}$ とする計画がある(次ページの計画参考図参照のこと。)

この計画に対し次の間に答えよ。

ただし、パネル式水冷壁は平板壁とみなし、耐火物施工の有無による伝熱面積の増減は無視できるものとし、また、燃焼排ガスの比熱はガス温度にはよらず一定、燃焼排ガスから水冷壁面または耐火物面への放射伝熱による放射率及び吸収率は耐火物施工の有無によらず不変とする。

計算に際しては下記計画値によることとし、それぞれ本問で使用されている記号を用いた計算式を示し、答の端数処理はそれぞれの指示に従うこと。

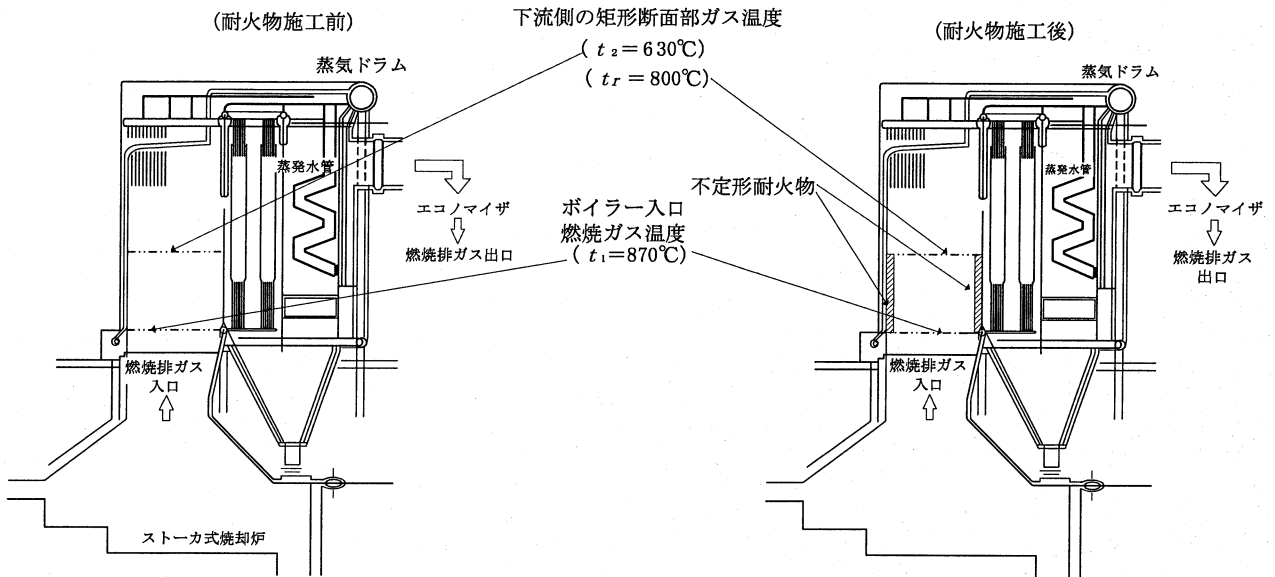
[計画値]

水冷壁管内熱伝達率(α_w)	1,400 W/($\text{m}^2\cdot\text{K}$)
水冷壁管厚さ(δ_w)	4.0 mm
水冷壁管熱伝導率(λ_w)	50 W/($\text{m}\cdot\text{K}$)
水冷壁管外燃焼排ガス熱伝達率(α_g)	170 W/($\text{m}^2\cdot\text{K}$)
不定形耐火物の熱伝導率(λ_c)	1.07 W/($\text{m}\cdot\text{K}$)
自然対数の真数と対数	

計算に際しては、最も近い真数を用いること。

真数	1.0383	1.1271	1.6302	3.0099	3.3510	3.5597
対数	0.0375	0.1196	0.4887	1.1019	1.2093	1.2697

計画参考図



- (1) 耐火物施工前の現状の熱交換を示す対数平均温度差 Δt_{m1} ($^\circ\text{C}$) を求めよ。
 なお、答は、小数点以下第 2 位を四捨五入せよ。
- (2) 耐火物施工前の熱貫流率 K_1 [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$] を求めよ。
 なお、答は、小数点以下第 1 位を四捨五入せよ。
- (3) 耐火物施工後の熱交換を示す対数平均温度差 Δt_{m2} ($^\circ\text{C}$) 及び耐火物施工後の熱貫流率 K_2 [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$] を求めよ。
 なお、答は、 Δt_{m2} は小数点以下第 2 位を四捨五入し、 K_2 は小数点以下第 1 位を四捨五入せよ。
- (4) 施工すべき耐火物厚さ δ_c [mm] を求めよ。
 なお、答は、小数点以下第 1 位を四捨五入せよ。

問 2 ボイラー効率改善を目的として設置するエコマイザ及び空気予熱器について、次の間に答えよ。

- (1) エコマイザ又は空気予熱器によるボイラー効率の増加ほどの程度か。
- (2) 空気予熱器を設置した場合、特に重質油燃焼では、燃焼性能の面でどのような効果があるか。
- (3) エコマイザ及び空気予熱器の環境に及ぼす影響について違いを述べよ。
- (4) 硫黄を含む燃料を使う場合に、エコマイザ及び空気予熱器の設備に生ずる現象を一つ挙げ、その現象に対するそれぞれの設備での対策を二つずつ述べよ。

問 3 次の文中の□内に入る適切な語句、数値又は文字式を答えよ。

- (1) 蒸気を加熱用を使用する場合はエンタルピーの大きい□①を利用することが得策であり、加熱温度を一定に保つことができるので□②を用いる方が良い。
蒸気を熱仕事に変換して使用する場合は、□③を用いる方が良い。これはタービンなどのように蒸気を□④させて仕事に変える場合、□④後の蒸気の□⑤を減らす必要があるからである。
- (2) 材料に繰返し荷重がかかる場合は、引張強さよりもずっと低い応力で材料が破壊する。これを材料の□⑥という。この現象は材料の種類、応力の種類、切欠きの有無などによっても異なるが、一般的に引張強さの□⑦程度である。
材料に高温下である応力が長時間加わる場合は徐々に変形が進行し、ときには破断に至る。この現象を□⑧という。炭素鋼においては通常□⑨程度の温度まではこの現象の影響は少ない。
- (3) ボイラー制御で、例えば給水加減弁を操作したときの□⑩の変化及び空気ダンパを操作したときの□⑪の変化は、制御量が操作量の変化にすぐ追従するケースであるが、供給熱量(燃料量)を変えたときの□⑫の変化などはすぐに追従しないケースであり、変化が認められるまでには□⑬があり、初期の変化速度がそのまま持続すると仮定した場合に、最終平衡値に達するまでの時間を□⑭という。□⑮の値が大きければ一般的には制御の安定度は比較的容易に得られると考えられる。

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、誤っているもののみの組合せは(1)～(5)のうちどれか。

- A ある一定の体積の湿り空気に含まれる水蒸気の量と乾き空気との質量比を相対湿度といい、ある温度の湿り空気中の水蒸気分圧とその温度に対する水蒸気の飽和圧力との比を絶対湿度という。
- B 単位質量のガスを一定圧力の下で温度1 K (1℃)上げるのに要する熱量を定圧比熱といい、一定体積の下で温度1 K (1℃)上げるのに要する熱量を定容比熱(定積比熱)という。また定圧比熱と定容比熱の比を比熱比という。
- C 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、子午線方向に生じるもの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、この応力は、すみの丸みの半径が小さいほど大きくなる。
- D 材料の降伏点は、炭素鋼では明らかであるが、合金鋼や非鉄金属では明らかでない。後者の場合は、通常、0.2%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。
- E 過熱器のあるボイラーにおいて、伝熱面の配置を蒸発部と過熱部に分けると、高温高圧ボイラーでは全吸収熱量のうち蒸発部の占める割合が大きく、比較的圧力の低いボイラーでは過熱部の占める割合が大きい。

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

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

- A 過熱器の蒸気温度特性は、放射形過熱器ではボイラーの負荷が増大すると過熱温度が上昇する傾向になるが、対流形過熱器では逆の特性になる。これを適当に組み合わせれば、負荷の変化に対して影響の少ない過熱器特性が得られる。
- B 変圧式アキュムレータ(蓄熱器)は、ボイラーの出口蒸気系統に配置され、蒸気の使用先が低負荷のときはボイラーの過剰蒸気をアキュムレータ内の水に吹き込んで蓄熱し、蒸気の使用先が高負荷のときは短時間に大量の飽和蒸気を発生させることによって負荷の変動に対してボイラーの燃焼量のある程度一定にするために使用される。
- C 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。
- D 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範囲内に保つ装置で、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、蒸気を脱気器などに回収し、濃度の高い水を排出する方式などがある。
- E 蒸気式加熱脱気器は、蒸気によって給水を105～150℃に加熱し、給水中に溶解している酸素、二酸化炭素などのガスの分圧を下げるとともに、給水を細かい水滴として降下させてガスの分離を容易にする。

(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 自然循環式水管ボイラーにおけるドラム水位の逆応答は、ドラム内で気水分離がよく行われている構造のものではその現象の程度が少なくなるが、蒸気の比体積が小さい高压ボイラーほど逆応答の傾向は著しくなる。
- C ガス燃焼火炎の検出に際しては、普通の火炎検出器で検出できる放射光の波長範囲内では、ガス燃焼の火炎は炉壁よりも放射光量が小さいために検出できないことから、炉壁からの放射光量が0(ゼロ)に近くなる紫外線領域での検出を利用した紫外線光電管方式の火炎検出器を用いる。
- D ボイラーの圧力制御方式において、比率制御方式は蒸気圧力を検出してそれによって燃料量と空気量を同時に調節する方式であり、並列制御方式は蒸気圧力のほかに燃料量と空気量を検出してそれによって空燃比が適正な値となるよう、燃料量と空気量を調節する方式である。
- E ボイラーの燃焼制御方式において、オン・オフ制御は熱要求に対してバーナの燃焼量は一定で燃焼時間を変える制御であり、比例制御は熱要求の大きさに比例して燃焼量を連続的に変える制御である。

(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 $c = 0.8745$ 、水素 $h = 0.12$ 、窒素 $n = 0.0005$ 、硫黄 $s = 0.005$ である。

次の問に答えよ。

ただし、燃焼用空気は体積比で O_2 が21%、 N_2 が79%で、燃料は完全燃焼するものとし、体積は標準状態(0℃、101.325kPa)の体積とする。

また、気体1 kmol(キログラム分子量)の体積は、 22.4m^3 とする。

なお、各元素の原子量は、下表のとおりとする。

元素	H	C	N	O	S
原子量	1	12	14	16	32

(1) このA重油の燃焼反応式を示せ。

(2) このA重油を空気比 $m = 1.15$ 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、計算結果は、①～④は小数点以下第3位を四捨五入し、⑤は小数点以下第1位を四捨五入せよ。

- ① 理論空気量 A_o (m^3/kg 燃料)
- ② 理論乾き燃焼ガス量 V_{do} (m^3/kg 燃料)
- ③ 乾き燃焼ガス量 V_d (m^3/kg 燃料)
- ④ 乾き燃焼ガス量中の酸素の体積割合 O_2 (%)
- ⑤ 乾き燃焼ガス量中の二酸化硫黄の体積割合 SO_2 (ppm)

問 2 ボイラーにおける燃焼ガスによる低温腐食について、次の問に答えよ。

(1) 低温腐食の発生過程について説明せよ。

(2) ボイラー燃焼ガスの露点に影響する主要な因子を二つ挙げ、露点温度との関係を述べよ。

(3) 低温腐食の防止対策について四つ述べよ。

問 3 ボイラー燃焼排ガス中の酸素濃度等の測定に関する次の文中の□内に入る適切な語句を答えよ。

(1) 排ガス中の酸素濃度を測定する自動計測器には□①式と□②式の方法がある。□②式は、酸素の□②的□③反応を利用して、酸素濃度を連続的に求めるもので、□④方式と□⑤方式とに分けられる。

□④方式は、□④が高温下で酸素イオンだけを通過させる性質を利用したものである。高温に加熱された□④素子の両端に電極を設け、その一方に試料ガス、他方に酸素濃度の分かったガス(例えば空気)を流して酸素濃度差を与える。この濃度の低い側で□⑥し、高い側で□⑦を得る現象が発生し、両極間に□⑧が生じるのでこれを検出する。

この方式は、高温において酸素と反応する□⑨(一酸化炭素、メタンなど)又は□④素子を□⑩するガス(二酸化硫黄など)の影響を無視できる場合、又は影響を除去できる場合に適用できる。

(2) 装置が携帯式のガス分析の方法として□⑪があり、これは代表的な□⑫分析方法であり、一般に使用されている。排ガス中の□⑬、□⑭及び□⑮を各々のガス吸収液に吸収させる分析装置であり、吸収液として□⑬にはアルカリ性ピロガロール液、□⑭にはアンモニア性塩化第一銅溶液、□⑮には水酸化カリウム溶液を用いる。本装置は携帯に便利で操作が簡単であるが、分析者によって測定値に差が生じやすい。

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

- A ガス燃料は、空気あるいは酸素との混合状態及び燃焼状態が自由に制御できるため、予混合の小さくシャープな火炎から、大容量バーナによる拡散炎まで、様々な形状及び容量の火炎を作ることができる。
- B 液化石油ガス(LPG)は、常温で液化すると体積は気体の約1/250となり、ポンペによる貯蔵・輸送が比較的容易である。
- C 天然ガスで、メタン(CH_4)がほとんどのものを湿性ガス、メタンやエタン(C_2H_6)のほかにプロパン(C_3H_8)以上の高級炭化水素を含むものを乾性ガスという。
- D 水素燃料の最大燃焼速度は2.82m/sであり、他の気体燃料に比べると大きい。
- E 気体燃料のうち、液化石油ガス(LPG)は密度が小さいため天井部に滞留しやすく、その取扱いには注意が必要である。

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

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

A 石炭の火格子燃焼では、火格子下方から石炭層に流入した空気は先ず $C+O_2 \rightarrow CO_2$ の反応で CO_2 となり、その後、高温度の還元層で $C+CO_2 \rightarrow 2CO$ と還元され、炭層最上部で再度 $2CO+O_2 \rightarrow 2CO_2$ と酸化され、燃焼が完結する。

B ボイラーの燃焼室熱負荷の値は、広い幅を持っており、水管ボイラーの油・ガスバーナでは $200 \sim 1,200 \text{ kW/m}^3$ 程度である。

C 燃焼室出口ガス温度は、主として、火炉の容積当たりの熱負荷によって決まる。

D 燃焼室の形が相似で放射伝熱面熱負荷が等しく、容量が異なる2基のボイラーを比較すると、燃焼室熱負荷は容量の大きいボイラーの方が大きな値となる。

E 油バーナでは噴霧機構により火炎形状が大きく異なり、広角バーナでは燃焼室の幅が狭い場合には、油滴は未燃焼のままボイラー壁へ衝突する可能性が大きくなるため、幅の広い燃焼室が必要となる。

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

問 6 次のA～Eまでは、環境保全に関する記述であるが、誤っているもののみの組合せは(1)～(5)のうちどれか。

A すずは微細な炭素粒子で、ひも状になっていて、硫酸化物の多い排ガス中で酸露点以下の温度になると、生成した硫酸ガスが凝縮して、互いに集合結集し、直径数mmの扁平状のアシッドスマットとなる。

B NO_x 低減の方法として、燃焼用空気温度を下げる方法があり、これはフューエル NO_x 生成を抑制するが、サーマル NO_x 生成の抑制については効果がない。

C ばいじんを抑制する基本的な考え方は、燃料と空気の混合を良くし、燃焼のための時間を十分に取ると同時に、燃焼室の大きさは火炎の大きさに応じて選定することである。

D 産業用の排煙脱硫装置は、設備が簡易で建設費の低いマグネシウム法、ソーダ法が多く用いられ、この乾式法の欠点は、排ガス温度が低下し大気への拡散が悪くなることである。

E 火炎冷却法による NO_x の抑制技術の薄膜火炎燃焼法では、バーナの中心から半径方向に均一に噴射する燃料群に比較的高速の空気流を直交衝突させて燃焼することによって、火炎は薄膜の中空つり鐘状に形成される。この火炎は、薄くて表面積が大きいことから、炉内の被加熱物に素早く熱を与えて火炎の温度が下がるので、 NO_x の生成が抑制される。

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

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	
------	--

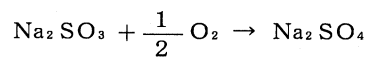
問 1 給水中の溶存酸素を亜硫酸ナトリウム (Na_2SO_3) で除去する場合、給水中の全蒸発残留物 A は 100mg/L 、給水中の溶存酸素 D_0 は 6mg/L とし、ボイラー水の全蒸発残留物 B を $2,000\text{mg/L}$ 以下、ボイラー水の亜硫酸イオン (SO_3^{2-}) 濃度 S_0 を 15mg/L に保持して運転するとき、給水量 1 トンに対し、次の間に答えよ。

答は、分子式及び本問で使用している記号を用いて計算式を示し、計算結果は、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、下表のとおりとする。

元素	O	Na	S
原子量	16	23	32

また、亜硫酸ナトリウムと酸素の反応は次のとおりである。



- (1) 脱酸素に必要な亜硫酸ナトリウムの量 C [g] はいくらか。
- (2) 亜硫酸ナトリウムによる脱酸素で全蒸発残留物の増加量 C_s [g] はいくらか。
- (3) 給水量に対するブロー率 b [%] を用いて、ボイラー水の亜硫酸イオン濃度の保持に必要な亜硫酸ナトリウムの量 E [g] を求める式を示せ。
- (4) 給水量に対するブロー率 b [%] を用いて、亜硫酸ナトリウム注入後の給水の全蒸発残留物の量 S [g] を求める式を示せ。
- (5) 給水量に対するブロー率 b [%] を求めよ。

問 2 ボイラーの清掃は単なる清掃作業のみでなく、同時にボイラーの状態を点検することが必要である。水管ボイラーの清掃時に点検すべき各部位とその点検内容を外側(燃焼ガス側)及び内側(水及び蒸気側)について、それぞれ一つ以上、合計八つ述べよ。

問 3 運転中のボイラーの燃焼管理に関する次の文中の□内に入る適切な語句を答えよ。

- (1) ボイラーの燃焼において燃焼用空気が少なすぎると不完全燃焼となりやすく、□①や□②の原因となる。また、燃焼用空気が多すぎると、燃焼ガス量が増して、□③の低下を招く。負荷の変動に対応して燃焼量を増加させるときは、□④を先に増し、燃焼量を減少させるときは、□⑤を先に減らす。
- (2) 燃焼用空気量が適正かどうかは、燃焼状態や煙の色によって大体見分けることができるが、□⑥、□⑦、□⑧などの測定器を活用して監視することが必要である。
- (3) 油バーナの選定に際し、□⑨が適当でない場合などには、水管ボイラーの伝熱面や炉壁に火炎が衝突することがある。伝熱面に火炎が衝突すると燃焼不良を起こし、水管に□⑩が付着し、□⑪が発生する。また、火炎の衝突は伝熱面での異常□⑫に至ることがあり、その結果、水管が□⑬し□⑭災害を起こすことがある。
- (4) 燃焼の良好な油だきにおける火炎は、□⑮色で伝熱面や炉壁に衝突することなく全般に緩やかな浮遊状態をとる。

問 4 次のAからEまでは、ボイラーの水管理に関する記述であるが、誤っているもののみの組合せは(1)～(5)のうちどれか。

- A 脱酸素剤として、亜硫酸ナトリウム又はヒドラジーン-水和物が広く使用されるが、亜硫酸ナトリウムに比べ、ヒドラジーン-水和物は全蒸発残留物の増加をもたらさず、酸素との反応速度も速いが、人体に対する安全性の問題がある。
- B 天然水中のシリカは、イオン、懸濁状及びコロイド状の形態で存在しており、全シリカはこの三つの形態の合計量である。ただし、JISで定めるボイラー水中のシリカ濃度はイオンの形態のシリカを示している。
- C ボイラー水温度が高い高圧なボイラーでは、蒸発管内壁に接するボイラー水が濃縮されるにつれて水酸化ナトリウムの濃度が高くなり、保護皮膜の四酸化三鉄(Fe_3O_4)を溶解して苛性脆化を起こす。
- D 給水中に油脂類が含まれていると、ボイラー水のホーミングの要因となる。また、ボイラー内面に付着した油脂類は酸化鉄、酸化銅などの腐食生成物が付着する核となり、硬質のスケール状の物質を生成することになる。
- E ボイラー水の水質管理において、給水やボイラー水の溶解性蒸発残留物濃度を推定する目的で、電気伝導率を測定する。しかし、電気伝導率の測定値から理論的に正確な溶解性蒸発残留物濃度を求めることはできない。

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

問 5 次のAからEまでは、ボイラーの起動に関する記述であるが、誤っているもののみの組合せは(1)～(5)のうちどれか。

- A ディフューザポンプの起動には、吸込弁、吐出弁とも開いて電動機を起動するが、渦流ポンプ(円周流ポンプ)は、吸込弁を開いて、吐出弁を閉めて電動機を起動する。
- B ボイラーへの水張りの給水温度は、ボイラー本体の温度に近く、大気温度以上で、かつ20℃以下としない。
- C 再生式空気予熱器は、ボイラーの点火前に起動するようにする。
- D ボイラーたき上げ中の過熱器において、蒸気を取り出すまでの間に過熱器に入る燃焼ガス温度は、過熱器の使用材料の設計温度以下になるよう燃焼を緩やかにするが、ドレンが残っている過熱器では水が入っているため冷却され急速にたき上げることができる。
- E たき上げ時にボイラーの昇温度を1時間当たり50℃とする場合、25℃の常温の水を水張りして、点火から約1.5時間で蒸気が出始め、その後、約2.7時間で蒸気圧力3.0MPa(飽和温度約235℃)まで上昇する。

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

問 6 次のAからEまでは、微粉炭だきボイラーの起動に関する記述であるが、誤っているもののみの組合せは(1)～(5)のうちどれか。

- A 微粉炭だきボイラーの起動を油だきで行う場合には、油だきでの負荷を35～50%まで上昇させる。
- B 一次空気ファンを起動し、ミル出口カットダンパを開いて、ミル出口からバーナまでの燃料管の管内流速が逆火防止最低流速以上になっていることを確認する。
- C 微粉炭だきに切替えるときには、1台のミルに複数のバーナが設けられていても、カットダンパを操作して、1台のバーナで行う。
- D ミルを起動して、燃焼用空気を空気予熱器に通して一部をミルに送り、ミル出口温度が100℃以上になるように調整する。
- E 微粉炭機の最低負荷以上になったら、その微粉炭機に接続されているバーナの油燃焼をカットし微粉炭燃焼に入る。

(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

関係法令

受験番号	
------	--

問 1 最高使用圧力 P (MPa) の内圧を受ける外径 D_o (mm) のボイラーの胴の外径基準による板の最小厚さ t (mm) は、次式により求めることができる。

この式に関し、次の問に答えよ。

$$t = \frac{P D_o}{2 \sigma_a \eta + 2 k P} + \alpha$$

- (1) 上記の式中の σ_a 、 η 、 k 及び α は、それぞれ何を表すか答えよ。
- (2) この式から、内径基準による板の最小厚さ t_i (mm) を求める式を導け。
ただし、内径を D_i (mm) とし、 α を無視するものとする。

問 2 ボイラー及び圧力容器安全規則で規定されているボイラーの管理について、次の問に答えよ。

- (1) 事業者がボイラー取扱作業主任者に行わせるべき事項を六つ述べよ。
- (2) 事業者がボイラーの附属品の管理について行うべき事項を四つ述べよ。

問 3 ボイラーの溶接に関する次の文中の□内に入る、法令上、適切な語句を答えよ。

- (1) ボイラーの圧力を受ける部分の溶接は、□①□応力以外に応力を生じない部分の溶接を除き、ボイラー構造規格で定めるところによらなければならない。
- (2) 溶接は、溶接部が□②□必要な強度を有するような方法により行い、著しい□③□応力が生ずる部分を避けなければならない。
- (3) 溶接部の許容引張応力は、ボイラー構造規格で定めた材料の許容引張応力の値に溶接継手の□④□を乗じて得た値とする。
- (4) 溶接部には、□⑤□を設けてはならないが、溶接後□⑥□を行い、かつ、□⑦□検査に合格した溶接部については、この限りではない。
- (5) 溶接部は、溶接後□⑧□を行わなければならないが、漏止め溶接部等については、溶接後□⑨□は必要ではない。
- (6) 溶接部は、□⑩□が十分で、かつ、割れ又は□⑪□、□⑫□、□⑬□、□⑭□等有害なものがあるてはならない。
- (7) 胴及び鏡板の□⑮□、□⑯□等は、原則として、その全長について□⑰□検査を行わなければならない。

問 4 ボイラー室等に関する次のAからEまでの記述のうち、法令上、誤っているもののみの組合せは(1)～(5)のうちどれか。

- A 事業者は、伝熱面積が1m²を超えるボイラー(移動式ボイラー及び屋外式ボイラーを除く。)については、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、2以上の出入口を設けなければならない。ただし、伝熱面積の合計が25m²未満のボイラーを設置するボイラー室については、この限りではない。
- C 事業者は、ボイラー室に液体燃料を貯蔵するときは、防火のための措置を講じたときを除き、これをボイラーの外側から2m以上離しておかななければならない。
- D 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ときを除き、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、1.2m以上としなければならない。
- E 事業者は、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。

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

問 5 ボイラーの検査等に関する次のAからEまでの記述のうち、法令上、正しいもののみの組合せは(1)～(5)のうちどれか。

ただし、計画届の免除認定を受けていない場合とする。

- A 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。)及び煙道を冷却し、掃除し、その他性能検査に必要な準備をしなければならないが、所轄労働基準監督署長が認めたボイラーについては、ボイラー(燃焼室を含む。)及び煙道の冷却及び掃除をしないことができる。
- B 事業者は、水管ボイラーの水管を同一材質、同一寸法の水管と取替えたときは、所轄労働基準監督署長に変更届を提出しなければならない。
- C ボイラーの胴を溶接によって変更するときは、溶接部の強度を確認するための機械的試験、放射線検査等が行われるので、事業者は溶接検査を受けなければならない。
- D 労働基準監督署長は、性能検査のために必要があると認めるときは、ボイラーの被覆物の全部を取除くことを性能検査を受ける者に命ずることができる。
- E 使用を休止したボイラーを再び使用する場合、休止中のボイラーの管理状況が良好なときは、労働基準監督署長は使用再開検査を省略することができる。

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

問 6 次のAからEまでの記述のうち、法令上、誤っているもののみの組合せは(1)～(5)のうちどれか。

- A 事業者は、ボイラーの溶接の業務のうち、フランジを取り付ける場合の溶接の業務については、普通ボイラー溶接士をつかせることができる。
- B 事業者は、ボイラーの種類及び伝熱面積にかかわらず、すべてのボイラーについて、二級ボイラー技士をボイラーの取扱いの業務につかせることができる。
- C 事業者は、ボイラーの整備の業務については、ボイラー整備士のほか、特級ボイラー技士で、ボイラーの整備の補助の業務に6か月以上従事した経験を有する者をつかせることができる。
- D 18歳未満の者であっても二級ボイラー技士免許試験を受験することができる。
- E 事業者は、伝熱面積が 10m^2 の温水ボイラーのみの取扱いの作業について、ボイラー取扱作業主任者として、ボイラー取扱技能講習修了者を選任することはできない。

(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

ボイラーの構造に関する知識 正答・正答例

問 1 (※正答例)

(1)

$$\begin{aligned} \Delta t_{m1} &= \frac{(t_1 - t_s) - (t_2 - t_s)}{\ln\{(t_1 - t_s)/(t_2 - t_s)\}} \dots\dots\dots \text{答} \\ &= \frac{870 - 630}{\ln\{(870 - 249.18)/(630 - 249.18)\}} = \frac{240}{\ln 1.6302} \\ &= 491.09 \approx 491.1 \text{ }^\circ\text{C} \dots\dots\dots \text{答} \end{aligned}$$

(2)

$$\begin{aligned} \frac{1}{K_1} &= \frac{1}{\alpha_w} + \frac{\delta_w}{\lambda_w} + \frac{1}{\alpha_g} \dots\dots\dots \text{答} \\ &= \frac{1}{1,400} + \frac{0.004}{50} + \frac{1}{170} = 0.0066766 \\ K_1 &= 149.7 \approx 150 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) \dots\dots\dots \text{答} \end{aligned}$$

(3)

$$\begin{aligned} \Delta t_{m2} &= \frac{(t_1 - t_s) - (t_r - t_s)}{\ln\{(t_1 - t_s)/(t_r - t_s)\}} \dots\dots\dots \text{答} \\ &= \frac{870 - 800}{\ln\{(870 - 249.18)/(800 - 249.18)\}} = \frac{70}{\ln 1.1271} \\ &= 585.28 \approx 585.3 \text{ }^\circ\text{C} \dots\dots\dots \text{答} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K_2 &= \frac{\Delta t_{m1}}{\Delta t_{m2}} \times \frac{(t_1 - t_r)}{(t_1 - t_2)} \times K_1 \dots\dots\dots \text{答} \\ &= \frac{491.09}{585.28} \times \frac{(870 - 800)}{(870 - 630)} \times 149.7 = 36.6 \approx 37 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) \dots\dots\dots \text{答} \end{aligned}$$

(4)

$$\frac{1}{K_2} = \frac{1}{K_1} + \frac{\delta_c}{\lambda_c}$$

の関係から

$$\delta_c = \left(\frac{1}{K_2} - \frac{1}{K_1} \right) \lambda_c \dots\dots\dots \text{答}$$

$$= \left(\frac{1}{36.6} - \frac{1}{149.7} \right) \times 1.07$$

$$= 0.0220 \text{ m} = 22.0 \text{ mm} \approx 22 \text{ mm} \dots\dots\dots \text{答}$$

問 2 (※正答例)

(1) 「排ガス温度を20℃下げるとに約1%増加する。」…………… 答

(2) 「燃焼効率を改善し空気過剰率が少なくて済む。」…………… 答

(3) [エコノマイザ]

「常温又は低温の空気で燃焼するため、サーマルNO_xの発生が低く抑えられる。」…………… 答

[空気予熱器]

「燃焼用空気温度が上昇するため、NO_xの発生が増加する傾向となる。」…………… 答

(4) [現象]

「硫酸腐食が発生する。」 答

[対策]

・エコマイザ 答

次の二つ

「給水温度を露点温度以上に保持する。」

「ステンレス鋼などの耐食性材料を採用する。」

・空気予熱器 答

次のうち二つ

「冷空気のバイパス法を採用する。」 「熱空気の再循環法を採用する。」

「あらかじめ空気を予熱する蒸気式空気予熱器を設置する。」

「ステンレス鋼などの耐食性材料を採用する。」

問 3 (※正答例)

(1) ① 凝縮潜熱 ② 飽和蒸気 ③ 過熱蒸気
 ④ 膨張 ⑤ 湿分

(2) ⑥ 疲れ ⑦ 0.4~0.6 ⑧ クリープ
 ⑨ 350℃

(3) ⑩ 水量 ⑪ 空気量 ⑫ 炉内圧
 ⑬ むだ時間 ⑭ 時定数 ⑮ 時定数/むだ時間

問 4 答 (2)

問 5 答 (1)

問 6 答 (4)

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 正答・正答例

問 1 (※正答例)

(1)

$$C = \frac{\text{Na}_2\text{SO}_3}{\text{O}_2} \times D_o \dots\dots\dots \text{答}$$

$$= \frac{126}{32} \times 6 = 47.25 \text{ [g]} \dots\dots\dots \text{答}$$

又は

$$C = \frac{2 \times \text{Na}_2\text{SO}_3}{\text{O}_2} \times D_o = \frac{2 \times 126}{32} \times 6 = 47.25 \text{ [g]}$$

(2)

$$C_s = \frac{\text{Na}_2\text{SO}_3}{\text{O}_2} \times D_o + D_o \dots\dots\dots \text{答}$$

$$= \frac{126}{32} \times 6 + 6 = 53.25 \text{ [g]} \dots\dots\dots \text{答}$$

又は

$$C_s = \frac{2 \times \text{Na}_2\text{SO}_3}{\text{O}_2} \times D_o + D_o = \frac{2 \times 126}{32} \times 6 + 6 = 53.25 \text{ [g]}$$

又は

$$C_s = C + D_o = 47.25 + 6 = 53.25$$

(3)

$$E = \frac{\text{Na}_2\text{SO}_3}{\text{SO}_3^{2-}} \times S_o \times \frac{b}{100} \dots\dots\dots \text{答}$$

$$= \frac{126}{80} \times 15 \times \frac{b}{100} = 0.23625b \text{ [g]} \dots\dots\dots \text{答}$$

(4)

$$S = A + C_s + E \dots\dots\dots \text{答}$$

$$= 100 + 53.25 + 0.23625b = 153.25 + 0.23625b \text{ [g]} \dots\dots\dots \text{答}$$

(5)

$$b = \frac{S}{B} \times 100 \dots\dots\dots \text{答}$$

$$= \frac{153.25 + 0.23625b}{2,000} \times 100$$

$$20b = 153.25 + 0.23625b$$

$$b = \frac{153.25}{20 - 0.23625} = 7.754 \doteq 7.75 \text{ [%]} \dots\dots\dots \text{答}$$

問 2 (※正答例)

次の事項のうち外側(燃焼ガス側)及び内側(水及び蒸気側)についてそれぞれ一つ以上、合計八つ。

外側(燃焼ガス側)の点検

- ① 水冷壁管、管群及びたき口(バーナスロート部)のすす、カーボンの付着状況
- ② 水管拡管部の漏れの兆候
- ③ 水管、過熱管などの管の膨出状況(管外径の測定)
- ④ 耐火材の脱落及び損傷状況
- ⑤ 火炎が接触する可能性のある部分の色相や表面の状況
- ⑥ エコノマイザや空気予熱器の低温部の腐食の発生あるいはその兆候
- ⑦ 過熱器の腐食状況
- ⑧ 炉底及び管群のダスト及び灰の付着状況
- ⑨ 水冷壁管外部及び水管外部の腐食の有無

内側(水及び蒸気側)の点検

- ⑩ ドラム、管寄せ及び管内の腐食の有無
- ⑪ ドラム、管寄せ及び管内のスケール、スラッジの付着状況
- ⑫ 蒸気ドラム内の給水内管、気水分離器などの取り付け状況

問 3 (※正答例)

- (1) ① ガス爆発 ② 二次燃焼 ③ ボイラー効率
 ④ 燃焼空気量 ⑤ 燃料量

- (2) ⑥ ばい煙濃度計 ⑦ 排ガス酸素濃度計 ⑧ 二酸化炭素濃度計

- (3) ⑨ 噴射角度 ⑩ カーボン ⑪ 黒煙
 ⑫ 循環 ⑬ 過熱 ⑭ 破裂

- (4) ⑮ オレンジ

問 4 答 (2)

問 5 答 (2)

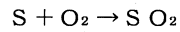
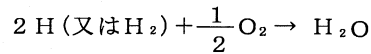
問 6 答 (5)

特級ボイラー技士試験問題

燃料及び燃焼に関する知識 正答・正答例

問 1 (※正答例)

(1) $C + O_2 \rightarrow CO_2$ 答



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

$$= \frac{1}{0.21} \left(\frac{22.4}{12} \times 0.8745 + \frac{22.4}{4} \times 0.12 + \frac{22.4}{32} \times 0.005 \right)$$

$$= 10.989 \approx 10.99 \text{ (m}^3/\text{kg燃料)} \text{ 答}$$

② $V_{do} = 0.79A_o + \frac{22.4}{12} c + \frac{22.4}{32} s + \frac{22.4}{28} n$ 答

$$= 0.79 \times 10.989 + \frac{22.4}{12} \times 0.8745 + \frac{22.4}{32} \times 0.005 + \frac{22.4}{28} \times 0.0005$$

$$= 10.317 \approx 10.32 \text{ (m}^3/\text{kg燃料)} \text{ 答}$$

③ $V_d = V_{do} + (m-1)A_o$ 答

$$= 10.317 + (1.15-1) \times 10.989 = 11.965 \approx 11.97 \text{ (m}^3/\text{kg燃料)} \text{ 答}$$

④ $O_2 = \frac{0.21A_o(m-1)}{V_d} \times 100$ 答

$$= \frac{0.21 \times 10.989 \times (1.15-1)}{11.965} \times 100 = 2.893 \approx 2.89 \text{ (\%)} \text{ 答}$$

⑤ $SO_2 = \frac{\frac{22.4}{32} s}{V_d} \times 10^6$ 答

$$= \frac{\frac{22.4}{32} \times 0.005}{11.965} \times 10^6 = 292.5 \approx 293 \text{ (ppm)} \text{ 答}$$

問 2 (※正答例)

(1)

燃料中の硫黄分は燃焼により SO_2 となり、その一部は SO_3 となる。この SO_3 は排ガス中の水蒸気と結合して、 H_2SO_4 を発生し、ボイラーの低温部に接触し、酸露点以下になると凝縮して激しい腐食を起こす。

(2)

次のうち二つ。

	露点に影響する因子	影響する因子と露点温度との関係
①	SO_3 濃度	燃焼ガス中に SO_3 が生成すると露点は高くなる。
②	排ガス中の水分量	水分含有量が多いほど露点は高くなる。
③	排ガス中の酸素量	燃焼ガス中の過剰空気が多いほど SO_3 への転換率が増して露点は高くなる。
④	排ガス中の灰分量	燃焼ガス中の灰分(フライアッシュ)が多いほど SO_3 の濃度が低くなる。

(3)

次のうち四つ。

- ・硫黄分の少ない燃料を使用する
- ・耐食性が大きい材料を選択する
- ・ SO_3 を中和する添加剤を使用する
- ・(空気予熱器の対策として、)蒸気式空気予熱器の設置
- ・(空気予熱器の対策として、)予熱された空気の一部を空気予熱器に再循環する
- ・(空気予熱器の対策として、)予熱される空気の一部をバイパスする
- ・(空気予熱器の対策として、)燃焼ガスと空気を並行流にする
- ・エコノマイザの対策として、給水温度を上げる
- ・低空気比(低酸素)燃焼をする

問 3 (※正答例)

- | | | |
|--------------|-------------------|------------------|
| (1) ① 磁気 | ② 電気化学 | ③ 酸化還元 |
| ④ ジルコニア | ⑤ 電極 | ⑥ 放電 |
| ⑦ 電子 | ⑧ 起電力 | ⑨ 可燃性ガス |
| ⑩ 腐食 | | |
| (2) ⑪ オルザット法 | ⑫ 化学 | ⑬ O ₂ |
| ⑭ CO | ⑮ CO ₂ | |

問 4 答 (5)

問 5 答 (4)

問 6 答 (3)

特級ボイラー技士試験問題

関係法令 正答・正答例

問 1 (※正答例)

(1)

 σ_a : 材料の許容引張応力(N/mm²) η : 長手継手又は連続した穴がある場合における当該部分の最小効率 k : 胴又はドーム内の蒸気(温水ボイラーにあっては、水又は熱媒)の温度に応じて定める値 α : 付け代

(2)

$$t = \frac{P D_0}{2 \sigma_a \eta + 2 k P} \text{ を変形し、}$$

$$D_0 = \frac{t (2 \sigma_a \eta + 2 k P)}{P}$$

$$D_0 = D_i + 2 t \quad \text{に代入し、}$$

$$\frac{t_i (2 \sigma_a \eta + 2 k P)}{P} = D_i + 2 t_i$$

$$t_i (2 \sigma_a \eta + 2 k P) = P (D_i + 2 t_i)$$

$$t_i (2 \sigma_a \eta + 2 k P - 2 P) = P D_i$$

$$t_i = \frac{P D_i}{2 \sigma_a \eta - 2 P (1 - k)}$$

問 2 (※正答例)

(1) 次の事項のうちいずれか六つ。

- 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 一日に一回以上水面測定装置の機能を点検すること。
- ⑥ 適宜、吹出しを行ない、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 低水位燃焼しゃ断装置、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。

(2) 次の事項のうちいずれか四つ。

- ① 安全弁は、最高使用圧力以下で作動するように調整すること。
- ② 過熱器用安全弁は、胴の安全弁より先に作動するように調整すること。
- ③ 逃がし管は、凍結しないように保温その他の措置を講ずること。
- ④ 圧力計又は水高計は、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し、かつ、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。
- ⑤ 圧力計又は水高計の目もりには、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。
- ⑥ 蒸気ボイラーの常用水位は、ガラス水面計又はこれに接近した位置に、現在水位と比較することができるように表示すること。
- ⑦ 燃焼ガスに触れる給水管、吹出管及び水面測定装置の連絡管は、耐熱材料で防護すること。
- ⑧ 温水ボイラーの返り管については、凍結しないように保温その他の措置を講ずること。

問 3 (※正答例)

(1) ① 圧縮

(2) ② 安全上 ③ 曲げ

(3) ④ 効率

(4)、(5) ⑤ 穴 ⑥ 熱処理 ⑦ 放射線

(6) ⑧ 溶込み

⑨～⑬ アンダカット、オーバーラップ、クレータ、スラグの巻込み、ブローホール

(7) ⑭ 長手継手 ⑮ 周継手

問 4 答 (1)

問 5 答 (2)

問 6 答 (5)