

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

受験番号	
------	--

問 1 高濃度ダストを含有する排ガスの顕熱を回収するために設置された廃熱ボイラー〔運転圧力( $P$ )2.0 MPa、飽和温度( $t_s$ )214.87℃、伝熱面積( $F$ )1000 m<sup>2</sup>〕がある。ボイラー新設時初期段階のストブロー操作後(クリーン時)では、入口排ガス温度( $t_1$ )及び出口排ガス温度( $t_{2c}$ )はそれぞれ510℃及び270℃であったが、出口排ガス温度は新設時初期段階でも定期的なストブロー操作で付着ダストの除去をしなければ20℃上昇し、290℃( $t_{2d}$ )となっていた(ダーティ時)ため、ボイラーの蒸発量  $W_d$  はストブロー操作前(ダーティ時)にはストブロー操作後(クリーン時)の蒸発量  $W_c$  に比べて8%低下( $W_d = 0.92W_c$ )していた。

1年後、ボイラーの入口排ガス温度( $t_1$ )は510℃で変わらなかったが、出口排ガス温度はストブロー操作前( $t_{2ds}$ )には300℃となり、蒸発量  $W_{ds}$  は12%低下( $W_{ds} = 0.88W_c$ )し、ストブロー操作を強化(頻度及び吹き圧の増加)しても新設時初期段階(クリーン時)の出口排ガス温度  $t_{2c}$  (=270℃)には回復できず、ボイラー伝熱管内のスケール付着も懸念される蒸発量の低下が認められた。

このボイラーの運転状況の診断・検討に際し、次の(1)～(3)の間(次ページ)に答えよ。

ただし、ボイラー伝熱面形状はパネル式などの形状も多く含むため、平板壁とみなし得るものとし、伝熱管内外熱伝達率は、付着ダストや付着スケールによる表面状況変化によっても変わらず一定とする。

なお、診断・検討の計算に際しては下記の計画値表によること。

また、解答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、結果の端数処理は各問の指示に従うこと。

計画値表

伝熱管厚さ ( $\delta_w$ )	3.2 mm
伝熱管熱伝導率 ( $\lambda_w$ )	50 W/(m·K)
伝熱管内熱伝達率 ( $\alpha_w$ )	14000 W/(m <sup>2</sup> ·K)
伝熱管外排ガス熱伝達率 ( $\alpha_g$ )	170 W/(m <sup>2</sup> ·K)
伝熱管外付着ダストの熱伝導率 ( $\lambda_d$ )	0.233 W/(m·K)
伝熱管内付着スケールの熱伝導率 ( $\lambda_s$ )	0.582 W/(m·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	6.5396	5.3533	4.5314	3.9283	3.4668	3.1024
対数	1.8779	1.6777	1.5110	1.3682	1.2432	1.1322

参考表

時期	新設時初期		1年後	
	操作後 (クリーン時)	操作前 (ダーティ時)	操作後 (クリーン時)	操作前 (ダーティ時)
入口排ガス温度	$t_1 = 510^\circ\text{C}$		$t_1 = 510^\circ\text{C}$	
出口排ガス温度	$t_{2c} = 270^\circ\text{C}$	$t_{2d} = 290^\circ\text{C}$	270℃超	$t_{2ds} = 300^\circ\text{C}$
蒸発量	$W_c$	$W_d = 0.92W_c$	—	$W_{ds} = 0.88W_c$
対数平均温度差 [℃]	<sup>(1)の①</sup> $\Delta tm(c)$	<sup>(1)の②</sup> $\Delta tm(d)$	—	<sup>(3)の①</sup> $\Delta tm(ds)$
熱貫流率 [W/(m <sup>2</sup> ·K)]	<sup>(2)の①</sup> $K_c$	<sup>(2)の②</sup> $K_d$	—	<sup>(3)の②</sup> $K_{ds}$
伝熱管外付着ダスト厚さ [mm]	—	<sup>(2)の③</sup> $\delta_d$	—	$\delta_d$
伝熱管内付着スケール厚さ [mm]	—	—	$\delta_s$	<sup>(3)の③</sup> $\delta_s$

注：表中の「(1)の①」などは、問の番号(次ページ)を示す。

問 1 (つづき)

(1) 新設時初期段階での次の値を求めよ。

- ① スートブロー操作後(クリーン時)の熱交換を示す対数平均温度差  $\Delta tm(c)$  [°C]
- ② スートブロー操作前(ダーティ時)の熱交換を示す対数平均温度差  $\Delta tm(d)$  [°C]

結果は、いずれも小数点以下第2位を四捨五入せよ。

(2) 新設時初期段階での次の値を求めよ。

- ① スートブロー操作後(クリーン時)の熱貫流率  $K_c$  [W/(m<sup>2</sup>·K)]
- ② スートブロー操作前(ダーティ時)の熱貫流率  $K_d$  [W/(m<sup>2</sup>·K)]
- ③ スートブロー操作前(ダーティ時)の伝熱管外付着ダストの厚さ  $\delta_d$  [mm]

結果は、熱貫流率 [W/(m<sup>2</sup>·K)] については小数点以下第1位を、付着ダストの厚さ  $\delta_d$  [mm] については小数点以下第3位を、それぞれ四捨五入せよ。

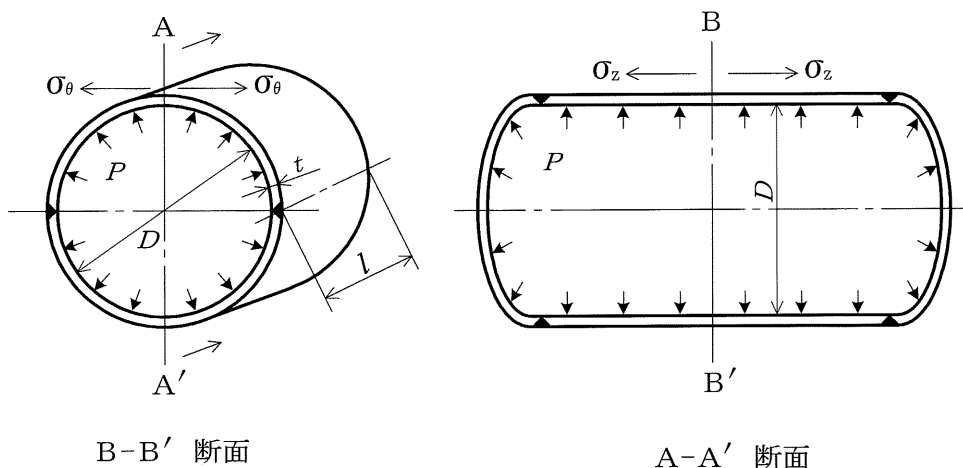
(3) 1年後の運転状況でのスートブロー操作前(ダーティ時)の次の値を求めよ。

- ① 熱交換を示す対数平均温度差  $\Delta tm(ds)$  [°C]
- ② 熱貫流率  $K_{ds}$  [W/(m<sup>2</sup>·K)]
- ③ 伝熱管内付着スケールの厚さ  $\delta_s$  [mm]

ただし、伝熱管外付着ダストの厚さ  $\delta_d$  は初期段階と変わらない(伝熱挙動への影響は同じ。)ものとみなし、更なるボイラー蒸発量の低下は伝熱管内の付着スケールが原因と考えるものとする。

結果は、対数平均温度差  $\Delta tm(ds)$  [°C] については、小数点以下第2位を、熱貫流率  $K_{ds}$  [W/(m<sup>2</sup>·K)] については小数点以下第1位を、伝熱管内付着スケールの厚さ  $\delta_s$  [mm] については小数点以下第3位を、それぞれ四捨五入せよ。

問 2 ボイラー胴板の板厚の決定に際し、内部の蒸気圧力による応力評価は一般に薄肉円筒として取り扱われる。次の図のように、厚さ  $t$  の鋼板を内径  $D$  の円筒にして長さ  $l$  を長手継手溶接し、その円筒の両端に同じ厚さ  $t$  の鋼板を鏡板として周溶接したドラムがある。厚さ  $t$  は内径  $D$  に比べて十分薄い円筒とし、これに蒸気圧力  $P$  が内圧として加わる場合、次の(1)~(3)の間に答えよ。



- (1) 長手方向の断面に生ずる周方向の応力  $\sigma_\theta$  を求める式を、図中の記号を用いて示せ。
- (2) 周方向の断面に生ずる長手方向の応力  $\sigma_z$  を求める式を、図中の記号を用いて示せ。
- (3) 周方向の応力  $\sigma_\theta$  の長手方向の応力  $\sigma_z$  に対する比を求めよ。

結果は、小数となる場合は小数点以下第2位を四捨五入し、整数となる場合はその整数とせよ。

問 3 ボイラーの水循環と気水分離に関する次の文中の□内に入る適切な語句、文、数値などを答えよ。

(1) 自然循環式の水管ボイラーでは、ドラムと水管とで水の循環回路を作るように構成される。蒸発水管と加熱されない水管とで構成されたボイラーでは、蒸発管では水は蒸気を発生して□①となり□②ため上昇流となり、非加熱管では水の下降流を生じて下降管となる。非加熱の下降管では管内の水の□③であるため、管摩擦抵抗や管の入口や曲りなどの流動損失だけであるが、加熱される蒸発管では、それらの損失に加え、流れに沿って□②ため流速が増大することによる□④損失を生ずる。

これら循環回路の全流動抵抗は、下降管と蒸発管内流体の□⑤による圧力差(循環力)によって生ずる流量とバランスする。熱負荷を増すと蒸発管内の蒸気割合が増加し□①の□②が、ある程度以上になると流速の増加による流動抵抗が著しく増大するため、実際の循環量は増加しなくなる。実際のボイラーでは、確実な循環を維持し、水管の冷却を十分行わせるには蒸発管入口流速は少なくとも□⑥程度以上とされる。

また、高圧のボイラーでは、蒸気の□⑦ため、その□①は□②ことにならないので循環力は低下しがちであり、□⑧することや、下降管を完全に非加熱状態とする構造上の配慮が必要となる。

(2) 蒸気ドラムから取り出される飽和蒸気は多少の水滴を伴うが、□⑨、□⑩及び□⑪の大小によって蒸気の□⑫に影響する。水面を通過して上昇する蒸気はかなりの水滴を含むが、蒸気とともに蒸気ドラムから出る水滴の量は、□⑨当たりの蒸発量がある限界値までは極めて少なく、この限界値を超えると急に著しく増大する。

この現象を□⑬というが、実際のボイラーでは水処理などによって□⑭を含むため、ボイラー水中に溶解又は懸濁していることで泡立ちが生じやすく、これら溶解又は懸濁している物質及び水分が蒸気とともに運び出されるいわゆるキャリーオーバー現象などを引き起こし、この限界値は著しく減少する。気水を分離するには、蒸気と水との□⑮が大きいかほど容易であるが、高圧になるほどこの□⑮が小さくなるため分離しにくくなり、またドラムの構造上、□⑨にも限界があるため□⑯や波形板などのドライヤを備えることが多い。

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 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 100℃の飽和水から100℃の乾き飽和蒸気に蒸発することを基準蒸発として、実際の蒸発量を基準蒸発の量に換算したものを毎時換算蒸発量といい、毎時換算蒸発量を毎時燃料使用量で除したものを換算蒸発倍数という。
- D 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断しない。この限界の応力を材料の疲れ限度という。
- E ボイラーの部分に温度差があると熱応力を生じる。この値は、炭素鋼では温度差4℃につき約1 N/mm<sup>2</sup>である。

(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 過熱器の蒸気温度特性は、対流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、放射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の温度特性が得られる。
- B ボイラーの熱損失の大きな部分を占める排ガス熱を回収してボイラーの給水を予熱するエコノマイザは、その排ガス温度を10℃下げることによりボイラー効率を約1%高めることができる。
- C 再生式空気予熱器は、鋼管形や板形の伝熱式空気予熱器に比べ、単位容積当たりの伝熱量が2～4倍大きくとれるので小型にできるが、空気の漏れが多くなるなどの欠点がある。
- D ブルドン管圧力計は、普通形、蒸気用普通形、耐熱形及び蒸気用耐熱形に区分されているが、耐熱形は、使用温度が高いところでも使用できるので、ブルドン管に高温の蒸気や高温の水が入っても差し支えない。
- E 2個以上の安全弁を共通の管台に設ける場合は、管台の蒸気通路の断面積はそれぞれの安全弁の蒸気取入口の合計面積以上とする必要がある。

(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 ボイラーの自動制御において、蒸気圧力、ボイラー水位など規定範囲内に収めることが目的になっている量を制御量といい、そのために調節する量が操作量である。例えば、「過熱蒸気温度の制御」において「注水式過熱低減器における注水量」は操作量である。
- B 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。
- C 効率良く燃焼を行わせるための空燃比制御において、燃焼ガス成分組成が変わることを利用した、 $O_2$ を検出して制御システムに組み込む方法があるが、正確な制御が可能となる反面、試料採取の時間遅れや保守などの難点もある。最近ではジルコニア式 $O_2$ 計が一般的に使用される。
- D 燃焼用空気量を調節する方法としては、ファンの入口ベーン又は出口ダンパの開度を変える方法がある。入口ベーンの開度を変える方法は出口ダンパの開度を変える方法に比べ簡単で応答も早い、低負荷時において動力損失が大きい欠点がある。
- E 石炭燃焼ボイラーの給炭量制御では、給炭量の正確な検出が難しく、また遅れも大きいため、制御システム上も複雑になり工夫が必要である。例えば、微粉炭だきでミルを用いた直接燃焼システムでは、ミルを通過する一次空気量を調節するとともに、一次空気と微粉炭を一定濃度に収めるために、ミル差圧を検出し一次空気量に見合うミル内残留石炭量と給炭量を調節するなど複雑な制御システムとする必要がある。

(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

ボイラーの取扱いに関する知識

受験番号	
------	--

問 1 イオン交換水を 100 t/h ( $F_w$ ) で給水して常用圧力 9 MPa で運転する水管ボイラーで、pH をりん酸イオン濃度で調整している。給水の水質とボイラー水の水質管理値は下表のとおりで、連続ブローによりボイラー水の水質を管理している。

ただし、沸騰伝熱面でのりん酸三ナトリウムの濃縮、析出を考慮して、りん酸三ナトリウム ( $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ) とりん酸水素二ナトリウム ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ) を混合して、 $\text{Na}^+/\text{PO}_4^{3-}$  モル比を 2.8 に保持して pH 調節している。

このボイラーに関し、次の (1) ~ (3) の問に答えよ。

解答は、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、結果の端数処理は各問の指示に従うこと。

給水の水質	
電気伝導率 (mS/m) $Af$	0.1
シリカ濃度 (mg $\text{SiO}_2$ /L) $Cf$	0.02

ボイラー水の水質管理値	
電気伝導率 (mS/m) $Ab$	15 以下
シリカ濃度 (mg $\text{SiO}_2$ /L) $Cb$	2 以下
りん酸イオン濃度 (mg $\text{PO}_4^{3-}$ /L) $Pb$	6

(1) 各水質管理項目に係わる給水量に対する連続ブロー率を求めた上で、このボイラーの給水量に対する連続ブロー率  $b$  (%) を求めよ。

結果は、小数点以下第 2 位を切り上げよ。

(2) 混合液中のりん酸三ナトリウムの物質質量 (モル数) の比率  $X$  (%) とりん酸水素二ナトリウムの物質質量 (モル数) の比率  $Y$  (%) を求めよ。

結果は、小数点以下第 1 位を四捨五入せよ。

(3) (1) の連続ブロー率  $b$  (%) でブローしているとき、次の値を求めよ。

- ① りん酸イオンの補給量  $Fp$  (g/h)
- ② りん酸三ナトリウムの注入量  $Fx$  (g/h)
- ③ りん酸水素二ナトリウムの注入量  $Fy$  (g/h)

ただし、 $\text{Na}_3\text{PO}_4$ 、 $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ 、 $\text{PO}_4^{3-}$  の分子量 (式量) は、それぞれ 164、142、95 とする。

結果は、小数点以下第 3 位を四捨五入せよ。

問 2 蒸気噴霧式バーナによる重油だきボイラーにおいて、不完全燃焼の原因として次の 3 ケースがある。具体的にどのような場合に生じやすいか、それぞれの原因について、(1) のケースについて 4 項目、(2) 及び (3) のケースについて、それぞれ 3 項目答えよ。

解答は、各ケースについて、「①何が(設備、機器や運転条件など)」、「②どうなっているか(状態など)」を記入すること。

ただし、同一の「①何が(設備、機器や運転条件など)」は、各ケース内で複数回使用してはならない (1 回限りとする)。

不完全燃焼の原因のケース

- (1) 油の噴霧粒子が大
- (2) 燃焼用空気量の不足
- (3) 油の噴霧粒子と燃焼用空気の混合不良

問 3 過熱器の取扱いに関する次の文中の□内に入る適切な語句を答えよ。

- (1) ボイラーの起動に際して、過熱器内にドレンが滞留していることがある。過熱器内のドレンはボイラーからの□①を阻害し過熱器管温度を上昇させるので、過熱器内に必要な蒸気を流すため過熱器出口に設けられている□②及び□③を開いておき、圧力の上昇に伴いその開度を調節する。  
また、過熱器から蒸気を取り出すまでは過熱器に入る□④はその使用材料の設計温度以下に維持するため、燃焼量を調節しなければならない。
- (2) 過熱器管温度は、ボイラーの燃焼量と管内を流れる□⑤とのバランスで保持されている。  
したがって、同一□⑤で□⑥が低下すると、□⑤に対し燃焼量が増加するのでこのバランスが崩れ、蒸気温度が上昇して、過熱器管温度も上昇する。
- (3) 過熱蒸気温度の制御に注水式過熱低減器が採用されている場合は、過熱器内にドレンを発生させないため、注水後の蒸気温度はその圧力の□⑦よりも10～15℃以上高く維持することが必要である。
- (4) ボイラー水位が通常運転時より高いとき、又は、□⑧に異常があるときは、ボイラー水が□⑨を起こし、ボイラー水が過熱器に同伴される。ボイラー水の□⑨は、ボイラー水中の□⑩、不純物や懸濁物を過熱器に持ち込み、蒸気純度を低下させるとともに、過熱器管内部に付着し、過熱器管温度を上昇させる。
- (5) 重油中には硫黄分や残さも含まれるが、特に高濃度の□⑪が含まれている場合は、過熱器管や過熱器支持金具に□⑫が発生することがある。
- (6) 出口蒸気温度が設計どおりであっても、蒸気や燃焼ガスの□⑬があると、局部的に過熱器管が過熱され、管の膨出や破裂を生じることがある。このため、性能検査時などには、定まった箇所の過熱器管の□⑭や□⑮を測定し、必要に応じ補修や取替えなどの措置を講じることが重要である。

問 4 ボイラーの腐食と損傷に関する次の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 鋼管形エコノマイザの低温腐食を防止するには、給水温度にかかわらず、燃焼ガス温度を、燃焼ガスの露点以上の温度に高く保てばよい。
- B 煙管やドラムの取付け部の水管の漏れは、ころ広げによって増し締めする。
- C 苛性脆化<sup>ぜい</sup>は、高圧の水管ボイラーにおいて蒸発管の内壁に水酸化ナトリウムが濃縮されて防食被膜を溶解して発生する。
- D 蒸気式空気予熱器の管内面は、ドレンのpHが低下して腐食することがある。
- E 過熱器管は、不均一に加熱されると、湾曲することがある。湾曲が軽度の場合は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, C      (4) B, D      (5) D, E

問 5 ボイラーの運転中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 負荷変動により燃焼ガス温度が通常の変動範囲をはずれ異常に低い場合は、ボイラー各部から気水が漏れている可能性があるため、炉内その他のボイラー内各部を点検・調査する。
- B ボイラーの負荷が急激に下がると、制御に遅れが出て、一時的に水位が上がる。
- C 通風損失が突発的に変動した場合は、れんが積みバツフルなどの崩落による燃焼ガスのショートパスや燃焼ガスの通路閉塞が考えられる。
- D ボイラーの負荷が上昇したとき、所定の蒸気圧力を維持するため、燃料量を増してから燃焼空気量を増す。
- E 複数のバーナを備えたボイラーで、負荷が下がり、バーナの最低燃焼量を下回るおそれがあるときは、運転しているバーナの数量を減じる。

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

問 6 ボイラーのスケール除去のための酸洗浄に関する次の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 酸洗浄には、洗浄液を満たし、一定時間放置する方法の浸漬式、洗浄液を一定時間放置した後、洗浄液の一部をタンクに戻し、再度その洗浄液をボイラー内に戻すサージング法(ゆさぶり法)及び洗浄中に洗浄液を循環させる循環法の三つの方法がある。
- B 循環法による酸洗浄作業において、洗浄液の流速は速い方が良いが、反面、エロージョンやコロロージョンが大きくなるため、流速は6 m/sを超えないことが望ましい。
- C 循環法は、溶液の濃度、温度及びメタル温度を均一化することができ、温度差及び濃度差による腐食を防止することができるなどの利点がある。
- D スケールを溶解させる洗浄液のための主剤は、酸の中でも、スケールの溶解力が大きく、溶解生成物の溶解度が大きいりん酸が古くから使用されている。
- E スケール中にシリカを主成分とする硬質スケールが多量に含まれている場合、シリカは酸の浸透が困難なため、水酸化ナトリウムや炭酸ナトリウムに潤化剤を加えて、これを軟化して洗浄工程に移る。

(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

受験番号	
------	--

問 1 あるC重油の元素分析値は、質量比で炭素 $c=0.86$ 、水素 $h=0.12$ 、硫黄 $s=0.02$ である。

このC重油の燃焼に関し、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、気体の体積は標準状態(0℃、101.325kPa)に換算した値とする。

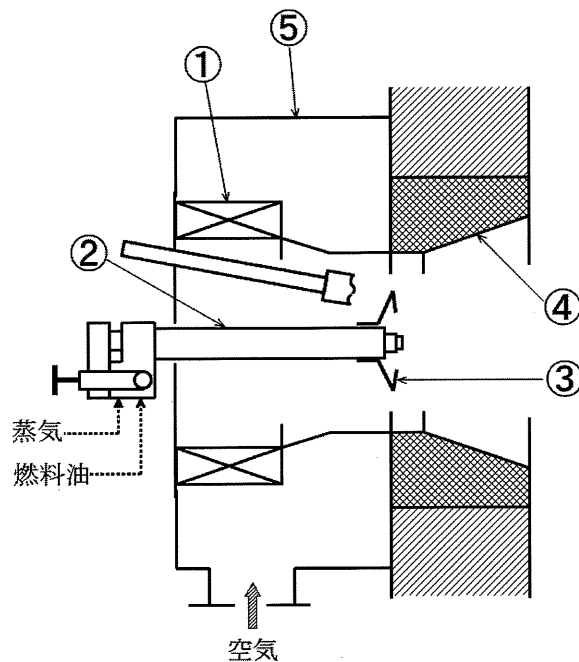
(1) このC重油の各元素成分ごとにその燃焼反応式を示せ。

(2) このC重油を空気比1.2で燃焼させる場合、次の①～⑤の値を求めよ。

解答は、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については、小数点以下第3位を四捨五入し、⑤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  $A_o$  ( $m^3/kg$ (燃料))
- ② 理論乾き燃焼ガス量  $V_{do}$  ( $m^3/kg$ (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に対する $SO_2$ の濃度  $SO_2$  (ppm)

問 2 下図に示す蒸気噴霧式油バーナを構成する機器①～⑤の名称と機能を簡潔に説明せよ。



問 3 重油だきボイラーの熱勘定に関する次の文中の□内に入る適切な語句を答えよ。

- (1) ボイラーの熱勘定の基準は次のとおりである。
- a 熱勘定は、原則としてボイラーごとに行う。
  - b 熱勘定は、使用時の単位燃料当たりについて行う。
  - c 燃料の発熱量は、原則として使用時の燃料の発熱量をとる。□①と□②があるので、どちらを基準にするか明記する。
  - d 熱勘定の基準温度は、原則として□③とする。
  - e 過熱器(再熱器)、□④、□⑤は、ボイラーに含める。
- (2) 熱勘定は、ボイラーに供給された熱が、どのような形態で、どのように分配されるかを示す。  
 熱勘定の入熱としては、燃料の発熱量、□⑥、□⑦、噴霧蒸気熱などがある。  
 熱勘定の出熱としては、発生蒸気の□⑧、排ガスの熱損失、□⑨、燃え殻の顕熱、□⑩及びその他の損失(スートブロー、ブロー、ドレン等)がある。
- (3) このうち、排ガスの熱損失は、排ガスの保有熱と燃焼によって発生した□⑪の潜熱から求められる、次の式によって計算できる。
- a 排ガスの熱損失=排ガスの保有熱+排ガス中の□⑪の潜熱
  - b 排ガスの保有熱=単位燃料当たりの湿り排ガス量×□⑫×(□⑬-□⑭)
  - c 排ガス中の□⑪の潜熱=単位燃料当たりの燃焼生成□⑮量×□⑯の単位量当たりの潜熱
- (4) また、燃料中の□⑰と□⑱から発生した□⑲の潜熱は、□①基準の場合に用いるので、□②基準の場合は0とする。

問 4 石炭に関する次の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 石炭は、3千万年から3億年前に地球上に繁茂した植物類が土中に埋没し、地熱と地圧の作用を受けて水、炭酸ガス、メタンなどを放出し石炭化したものであり、古い石炭ほど含有酸素量は多い。
- B 石炭の分類については、世界各国で様々な方法が提案されているが、無煙炭から褐炭に近づくほど一般に燃焼速度が速くなり、燃焼性がよい。
- C 石炭灰中の酸性成分(シリカ、アルミナなど)が多い灰は摩耗性が高いので、伝熱管群を通過するガス流速を抑える必要がある。
- D 石炭灰中のアルカリ率が高くNa<sub>2</sub>Oが多いと管群に灰が付着しやすくなる。また、灰の融点が1300℃以下のものでは、燃焼室出口ガス温度を融点以下にしたり、管と管の間隔を広くするなどの考慮が特に必要となる。
- E 石炭の水分は、そのほとんどが石炭内部に吸着または凝着しており、一般的に石炭化度が高いほど多く含まれ、湿分はそのほとんどが石炭表面に物理的に付着している水分で、粒度が細かいほど多くなる傾向を示す。

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

問 5 気体燃料の燃焼装置に関する次の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 予混合形ガスバーナには、燃焼用空気の全量を燃料ガスと予混合し、二次空気を必要としない完全予混合形と、燃焼用空気の一部と燃料ガスを予混合してノズルから噴出させ、残りの必要な空気量を二次空気として供給する部分予混合形がある。
- B 完全予混合形ガスバーナには、①高圧の空気圧によって低圧のガスを比例吸引する高圧誘導形、②高圧のガス圧力で低圧の空気を比例吸引する低圧誘導形、③空気圧力とガス圧力を平衡に保って空気とガスを混合する方式の3形式がある。
- C 部分予混合形ガスバーナは、ガス圧力が高く、一次空気量として理論空気量の50%が吸引され、二次空気も炉内のドラフトによって自然吸引されるもの、ガス及び燃焼用一次空気がそれぞれ強制的に供給されるものがある。
- D 拡散形ガスバーナは、燃料噴射ノズルによって分類され、代表的なものとして、センタファイア形、リング形、アニュラ形、スパッド形があるが、スパッド形ガスバーナは、ガスチャンバに多数のガス噴射孔が設けられ、ガス圧力が低い場合によく用いられる。
- E 拡散形ガスバーナであるセンタファイア形ガスバーナは、燃料管の端部に複数個のガス噴射孔のあるもので、スワラやシールドで保炎させる。

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

問 6 窒素酸化物の抑制対策に関する次の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  $\text{NO}_x$ の発生量は、燃料中N分によって影響を受けるが、我が国が輸入している原油中のN分は0.1～0.3%程度のもが多く、常圧残渣油である重油中のN分は0.15～0.4%程度である。なお、石炭中のN分は到着ベースで0.1～0.15%程度のもが多い。
- B 燃焼空気への排ガス再循環法は、サーマル $\text{NO}_x$ の低減に有効である。
- C 空気二段燃焼法は、火炎中の低空気比領域と高空気比領域を燃焼の軸方向に実現しようとするもので、具体的には、空気を軸方向に、一次、二次に分割して供給する燃焼法である。
- D 排ガス中の $\text{NO}_x$ は、大部分がNOで、一部 $\text{NO}_2$ が含まれている。 $\text{NO}_2$ は水又はアルカリ溶液で簡単に吸収することができるが、NOはそのままでは除去が困難である。このためアンモニア( $\text{NH}_3$ )などで還元して $\text{N}_2$ にしてNOを除去する方法がとられている。
- E 水・蒸気吹込み燃焼法による $\text{NO}_x$ 低減は、火炎温度の低下によるため、サーマル $\text{NO}_x$ とフューエル $\text{NO}_x$ の抑制効果がある。

(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

関係法令

受験番号	
------	--

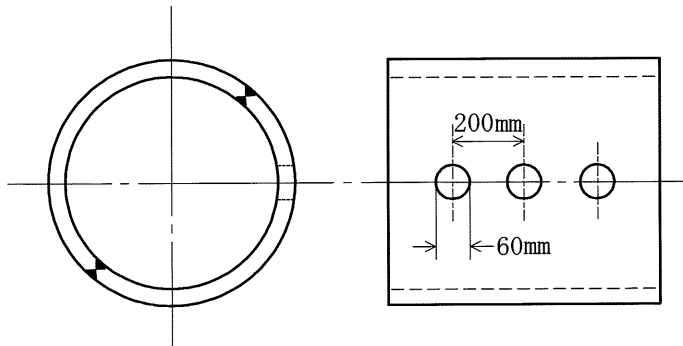
問 1 最高使用圧力を  $P$  とする鋼製ボイラーの胴の最小厚さ  $t$  を、胴の内径を基準として次の式により求めるとき、次の各問に答えよ。

$$t = \frac{PD_i}{2\sigma_a\eta - 2P(1-k)} + \alpha$$

(1) 上記の式中の  $\sigma_a$ 、 $\eta$ 、 $k$  及び  $\alpha$  は、それぞれ何を表すか答えよ。

(2) ボイラーの胴に次の図のとおり長手方向に、等間隔で同じ径の管穴を一直線上に配置するとき、管穴列の効率(リガメント効率)を求めよ。ただし、管穴と長手継手の溶接部の溶接金属との距離は 6 mm を超えているものとする。

解答は、計算式を示し、結果は小数点以下第 2 位を四捨五入せよ。



問 2 ボイラーの製造許可及び変更届に関する次の問に答えよ。

(1) ボイラーの製造許可を受けようとする者は、ボイラー製造許可申請書に所定の図面及び書面を添えて、所轄都道府県労働局長に提出しなければならない。ボイラー製造許可申請書に添えて提出する図面及び書面とその内容は次のとおりであるが、空欄に入る適切な語句を答えよ。

a ボイラーの  を示す図面

b 次の事項を記載した書面

ア  計算

イ ボイラーの  及び  のための  の種類、能力及び数

ウ  の経歴の概要

エ  の資格及び数

オ 溶接によって製造するときは、

(2) 事業者は、ボイラーについて、ある部分又は設備を変更をしようとする場合には、ボイラー変更届にボイラー検査証及びその変更の内容を示す書面を添えて、所轄労働基準監督署長に提出しなければならないが、ボイラー変更届の対象となる部分又は設備や装置などの名称を、ボイラー本体の部分について四つ、設備や装置などについて三つ、それぞれ答えよ。

問 3 ボイラー取扱作業主任者の職務に関して、法令上規定されている次の事項について次の文中の□内に入る適切な語句を答えよ。ただし、(4)と(7)は同じ文章とにならないようにすること。

- (1) 圧力、□①及び燃焼状態を□②すること。
- (2) 急激な負荷の□③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□④させないこと。
- (4) 安全弁の機能の□⑤に努めること。
- (5) 1日に1回以上□⑥の機能を点検すること。ただし、自動制御装置であって厚生労働大臣の定める技術上の指針に適合していると所轄労働基準監督署長が認定したものを備えたボイラーについては、この点検を3日に1回以上とすることができる。
- (6) 適宜、吹出しを行い、ボイラー水の□⑦を防ぐこと。
- (7) □⑧の機能の□⑤に努めること。
- (8) □⑨、火災検出装置その他の□⑩を点検し、及び□⑪すること。
- (9) ボイラーについて□⑫を認めたときは、直ちに必要な□⑬を講ずること。
- (10) 排出される□⑭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□⑮すること。

問 4 ボイラー検査証に関する次の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 設置されたボイラーに関し事業者の変更をしようとするときは、変更前の事業者は、その変更の10日前までに、ボイラー検査証替申請書にボイラー検査証を添えて、所轄労働基準監督署長に提出し、その書替えを受けなければならない。
- B ボイラーを設置している者がボイラーの使用を休止しようとする場合において、その休止しようとする期間がボイラー検査証の有効期間を経過した後にわたるときは、当該ボイラー検査証の有効期間中にその旨を所轄労働基準監督署長に報告しなければならない。  
ただし、計画届免除認定を受けた事業者については、この限りでない。
- C 労働基準監督署長は、使用再開検査に合格したボイラーについて、そのボイラー検査証に検査期日及び検査結果について、裏書を行うものとする。
- D 事業者は、ボイラーの使用を廃止したときは、遅滞なく、ボイラー検査証を所轄労働基準監督署長に返還しなければならない。
- E 所轄都道府県労働局長は、変更検査に合格したボイラーについて、そのボイラー検査証に検査期日、変更部分及び検査結果について裏書を行うものとする。

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

問 5 ボイラーの構造及び附属設備などに関する次の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 微粉炭燃焼装置には、爆発戸を設けなければならない。
- B 胴板の厚さは、鏡板の最小厚さ以上としなければならない。
- C 炉筒又は火室であって、フランジを設けるものの板の厚さは、6 mm以上としなければならない。
- D 過熱器には、ドレン抜きを備えなければならない。
- E 鏡板の形状は、当該鏡板に過剰な応力集中が生じないものとしなければならない。

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

問 6 ボイラーの構造、材料、検査などに関する次の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 鋼製ボイラーについて、ステーによって支えられる板の厚さは、6 mm以上としなければならない。
- B 鋼製ボイラーの圧力を受ける部分のマンホールのふた板には、ねずみ鋳鉄品(日本工業規格G 5501)は、使用してはならない。
- C 都道府県労働局長は、構造検査のために必要があると認めるときは、管に穴をあけることを、構造検査を受ける者に命ずることができる。
- D 貫流ボイラーの伝熱面積の算定方法は、燃焼室入口から過熱器入口までの水管の燃焼ガス等に触れる面の面積をもって算定する。
- E 給水内管は、取外しができない構造としなければならない。

(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) 新設時初期段階

$$\begin{aligned} \textcircled{1} \Delta tm_{(c)} &= \frac{(t_1 - t_s) - (t_{2c} - t_s)}{\ln \left( \frac{t_1 - t_s}{t_{2c} - t_s} \right)} = \frac{510 - 270}{\ln \left( \frac{510 - 214.87}{270 - 214.87} \right)} = \frac{240}{\ln 5.3533} \\ &= 143.05 \approx 143.1 \text{ }^\circ\text{C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \textcircled{2} \Delta tm_{(d)} &= \frac{(t_1 - t_s) - (t_{2d} - t_s)}{\ln \left( \frac{t_1 - t_s}{t_{2d} - t_s} \right)} = \frac{510 - 290}{\ln \left( \frac{510 - 214.87}{290 - 214.87} \right)} = \frac{220}{\ln 3.9283} \\ &= 160.79 \approx 160.8 \text{ }^\circ\text{C} \end{aligned}$$

## (2) 新設時初期段階

$$\begin{aligned} \textcircled{1} \frac{1}{K_c} &= \frac{1}{\alpha_w} + \frac{\delta_w}{\lambda_w} + \frac{1}{\alpha_g} = \frac{1}{14000} + \frac{0.0032}{50} + \frac{1}{170} = 0.00601778 \\ K_c &= 166.1 \approx 166 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) \end{aligned}$$

② (熱移動量)  $\propto$  (蒸発量)  $\propto$  {(熱貫流率)  $\times$  (対数平均温度差)  $\times$  (伝熱面積)} の関係から

$$\begin{aligned} K_d &= \frac{W_d}{W_c} \times \frac{\Delta tm_{(c)}}{\Delta tm_{(d)}} \times K_c = \frac{0.92}{1} \times \frac{143.05}{160.79} \times 166.1 = 135.9 \\ &\approx 136 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \textcircled{3} \frac{1}{K_d} &= \frac{1}{\alpha_w} + \frac{\delta_w}{\lambda_w} + \frac{\delta_d}{\lambda_d} + \frac{1}{\alpha_g} = \frac{1}{K_c} + \frac{\delta_d}{\lambda_d} = \frac{1}{166.1} + \frac{\delta_d}{0.233} = \frac{1}{135.9} \\ \delta_d &= 0.000311 \text{ m} \approx 0.31 \text{ mm} \end{aligned}$$

## (3) 1年後の運転状況でのスタートブロー操作前(ダーティ一時)

$$\begin{aligned} \textcircled{1} \Delta tm_{(ds)} &= \frac{(t_1 - t_s) - (t_{2ds} - t_s)}{\ln \left( \frac{t_1 - t_s}{t_{2ds} - t_s} \right)} = \frac{510 - 300}{\ln \left( \frac{510 - 214.87}{300 - 214.87} \right)} = \frac{210}{\ln 3.4668} \\ &= 168.91 \approx 168.9 \text{ }^\circ\text{C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \textcircled{2} K_{ds} &= \frac{W_{ds}}{W_c} \times \frac{\Delta tm_{(c)}}{\Delta tm_{(ds)}} \times K_c = \frac{0.88}{1} \times \frac{143.05}{168.91} \times 166.1 = 123.7 \\ &\approx 124 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \textcircled{3} \frac{1}{K_{ds}} &= \frac{1}{\alpha_w} + \frac{\delta_w}{\lambda_w} + \frac{\delta_d}{\lambda_d} + \frac{\delta_s}{\lambda_s} + \frac{1}{\alpha_g} = \frac{1}{K_d} + \frac{\delta_s}{\lambda_s} = \frac{1}{135.9} + \frac{\delta_s}{0.582} = \frac{1}{123.7} \\ \delta_s &= 0.000422 \text{ m} \approx 0.42 \text{ mm} \end{aligned}$$

問 2 (※正答例)

(1) 長手方向の断面に生ずる周方向の応力  $\sigma_\theta$ 

$$2 t l \sigma_\theta = D l P$$

$$\sigma_\theta = \frac{P D}{2 t}$$

(2) 周方向の断面に生ずる長手方向の応力  $\sigma_z$ 

$$\pi D t \sigma_z = (\pi D^2 / 4) \times P$$

$$\sigma_z = \frac{P D}{4 t}$$

(3) 周方向応力  $\sigma_\theta$  の長手方向応力  $\sigma_z$  に対する比

$$\frac{\sigma_\theta}{\sigma_z} = \frac{\frac{P D}{2 t}}{\frac{P D}{4 t}} = 2$$

問 3 (※正答例)

(1) ① 気水混合物

② 密度が減少する

③ 密度は一定

④ 加速

⑤ 密度の差

⑥ 0.3m/秒

⑦ 密度が大きい

⑧ 上下ドラム間の高さを大きく

(2) ⑨ 蒸気部の容積

⑩ 水面の広さ

⑪ 水面の高さ

⑫ 乾き度

⑬ 気水共発

⑭ アルカリ分

⑮ サイクロン式分離器

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) 給水量に対する連続ブロー率

電気伝導率によるブロー率

$$b = \frac{Af}{Ab} \times 100 = \frac{0.10}{15} \times 100 = 0.666 \doteq 0.7 \%$$

シリカによる連続ブロー率

$$b = \frac{Cf}{Cb} \times 100 = \frac{0.02}{2} \times 100 = 1.000 \doteq 1.0 \%$$

よって、 $b=1.0 \%$ 

$$(2) \text{Na}^+/\text{PO}_4^{3-} \text{モル比} = \frac{3X+2Y}{X+Y} = \frac{3X+2(100-X)}{X+(100-X)} = \frac{X+200}{100} = 2.8$$

よって、 $X=280-200=80\%$ 

$$Y=100-X=100-80=20\%$$

## (3) リン酸イオンの補給量など

$$\begin{aligned} F_p &= F_w \times 10^3 \times \frac{b}{100} \times P_b \times 10^{-3} \\ &= 100 \times 10^3 \times \frac{1}{100} \times 6 \times 10^{-3} = 6.0000 \doteq 6.00 \text{ g/h} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_x &= 6.00 \times \frac{164}{95} \times \frac{X}{100} \\ &= 6 \times \frac{164}{95} \times \frac{80}{100} = 8.2863 \doteq 8.29 \text{ g/h} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F_y &= 6.00 \times \frac{142}{95} \times \frac{Y}{100} \\ &= 6 \times \frac{142}{95} \times \frac{20}{100} = 1.7936 \doteq 1.79 \text{ g/h} \end{aligned}$$

## 問 2 (※正答例)

不完全燃焼の原因のケース	①何が(設備、機器や運転条件など)	②どうなっているか(状態など)
(1)油の噴霧粒子が大  (右のうち4項目)	バーナチップ	損傷がある。
	噴霧蒸気の圧力	低下している。
	重油の圧力	重油の圧力が低下している。
	重油の加熱温度	加熱温度が不足して粘度が上昇している。
	重油中の不純物	重油中にスラッジ、水分などが含まれている。
(2)燃焼用空気量の不足  (右のうち3項目)	ファン	不具合、性能低下。ベーン又はダンパの不具合。
	ダンパ	開度の不具合
	風道	欠陥による燃焼空気の漏洩
	ガス通路	ガス通路の狭隘化
	空気予熱器	空気予熱器でのガス側への空気リーク増加
	燃焼制御装置	空燃比の調整不良
(3)油の噴霧粒子と燃焼用 空気の混合不良  (右のうち3項目)	バーナの取付位置	バーナの取付位置が不良
	重油の噴霧角度	重油の噴霧角度の偏心、設定不良
	スタビライザ	変形、脱落又は取付け位置の不良などの不具合
	エアレジスタ	不具合による旋回力不適正、開度の不良など
	ウインドボックス	ウインドボックスの変形による空気量のアンバランス

問 3 (※正答例)

(1)

- ① 蒸気の流れ
- ② ドレン弁
- ③ 空気抜き弁
- ④ ガス温度

(2)

- ⑤ 蒸気流量
- ⑥ 給水温度

(3)

- ⑦ 飽和温度

(4)

- ⑧ 気水分離器
- ⑨ キャリオーバ
- ⑩ 溶解性蒸発残留物

(5)

- ⑪ バナジウム
- ⑫ 高温腐食

(6)

- ⑬ 偏流
- ⑭ 外径
- ⑮ 肉厚

問 4 答 (1)

問 5 答 (4)

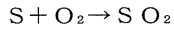
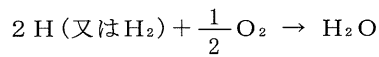
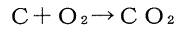
問 6 答 (4)

## 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) 燃焼反応式



## (2) 空気比1.2で燃焼させる場合

$$\begin{aligned} \textcircled{1} \quad A_o &= \frac{1}{0.21} \left( \frac{22.4}{12} c + \frac{22.4}{4} h + \frac{22.4}{32} s \right) \\ &= \frac{1}{0.21} \left( \frac{22.4}{12} \times 0.86 + \frac{22.4}{4} \times 0.12 + \frac{22.4}{32} \times 0.02 \right) \\ &= 10.911 \approx 10.91 \text{ (m}^3/\text{kg燃料)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \textcircled{2} \quad V_{do} &= 0.79A_o + \frac{22.4}{12} c + \frac{22.4}{32} s \\ &= 0.79 \times 10.911 + \frac{22.4}{12} \times 0.86 + \frac{22.4}{32} \times 0.02 \\ &= 10.239 \approx 10.24 \text{ (m}^3/\text{kg燃料)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \textcircled{3} \quad V_d &= V_{do} + (m-1)A_o \\ &= 10.239 + (1.2-1) \times 10.911 = 12.421 \approx 12.42 \text{ (m}^3/\text{kg燃料)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \textcircled{4} \quad V_w &= V_d + \frac{22.4}{2} h \\ &= 12.421 + \frac{22.4}{2} \times 0.12 \\ &= 13.765 \approx 13.77 \text{ (m}^3/\text{kg燃料)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \textcircled{5} \quad SO_2 &= \frac{\frac{22.4}{32} s}{V_d} \times 10^6 \\ &= \frac{\frac{22.4}{32} \times 0.02}{12.421} \times 10^6 = 1127.1 \approx 1127 \text{ (ppm)} \end{aligned}$$

## 問 2 (※正答例)

機器の 番号	機器の名称	機 能
①	エアレジスタ	バーナの中心から噴射する燃料油に燃焼用空気を供給し、燃料と空気との混合を効果的にして火炎を安定させるため空気流を調節する。
②	アトマイザ	燃料油を微粒化して、バーナから炉内に向けて噴射する。
③	スタビライザ	燃料噴流と空気の初期混合部で空気に渦流あるいは旋回流を与えて燃料噴流との接触を早めて着火を確実にし、火炎の安定を図る。
④	バーナタイル	火炎の直進性を保ち、その放射熱によって着火を確実にし、火炎の安定化を図る。
⑤	ウインドボックス	燃焼用空気を各バーナに供給する。

## 問 3 (※正答例)

- (1) ① 高発熱量  
 ② 低発熱量  
 ③ 外気温度  
 ④ エコノマイザ  
 ⑤ 空気予熱器
- (2) ⑥ 燃料の顕熱  
 ⑦ 空気の持込み熱  
 ⑧ 吸収熱  
 ⑨ 不完全燃焼損失  
 ⑩ ボイラー周壁放熱
- (3) ⑪ 水蒸気  
 ⑫ 排ガスの比熱  
 ⑬ 排ガス温度
- (4) ⑭ 水素  
 ⑮ 水分

問 4 答 (2)

問 5 答 (4)

問 6 答 (2)

## 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)  $\sigma_a$  : 材料の許容引張応力

$\eta$  : 長手継手の効率又はリガメント効率

$k$  : 材料のクリープ特性に関する効率

$\alpha$  : 付け代

(2) 管穴列の効率(リガメント効率)

$$\begin{aligned} \text{管穴列の効率(リガメント効率)} &= (200-60)/200 \\ &= 0.700 = 0.7 \end{aligned}$$

## 問 2 (※正答例)

(1)

- a ① 構造
- b ② 強度
- ③ 製造
- ④ 検査
- ⑤ 設備
- ⑥ 工作責任者
- ⑦ 工作者
- ⑧ 溶接施行法試験結果

(2)

- a ボイラー本体の部分(次のうち四つ)
  - ① 胴
  - ② ドーム
  - ③ 炉筒
  - ④ 火室
  - ⑤ 鏡板
  - ⑥ 天井板
  - ⑦ 管板
  - ⑧ 管寄せ
  - ⑨ ステー
- b 設備や装置など
  - ⑩ 附属設備
  - ⑪ 燃焼装置
  - ⑫ 据付基礎

問 3 (※正答例)

- (1) ① 水位
- ② 監視
- (2) ③ 変動
- (3) ④ 上昇
- (4) ⑤ 保持
- (5) ⑥ 水面測定装置
- (6) ⑦ 濃縮
- (7) ⑧ 給水装置
- (8) ⑨ 低水位燃焼しゃ断装置
- ⑩ 自動制御装置
- ⑪ 調整
- (9) ⑫ 異状
- ⑬ 措置
- (10) ⑭ ばい煙
- ⑮ 記録

問 4 答 (2)

問 5 答 (3)

問 6 答 (2)