

熱分野
専門区分

課目Ⅲ 燃料と燃焼

試験時間 9:00～10:20 (80分)

1 時限

問題 8, 9 燃料及び燃焼管理
問題 10 燃焼計算

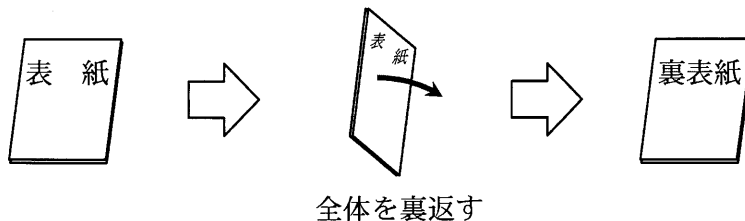
1～5 ページ

7～8 ページ

I 全般的な注意

1. 試験開始の指示があるまで、この問題冊子の中を見ないこと。
2. 試験中に問題の印刷不鮮明、冊子のページの落丁・乱丁などに気付いた場合は、係の者に知らせること。
3. 問題の解答は答案用紙（マークシート）に記入すること。
4. 答案用紙の記入に当たっては、答案用紙に記載の「記入上の注意」に従うこと。「記入上の注意」に従わない場合には採点されない。該当欄以外にはマークや記入をしないこと。
5. 問題冊子の余白部分は計算用紙などに適宜利用してよい。
6. 試験終了後、問題冊子は持ち帰ること。

解答上の注意は、裏表紙に記載してあるので、この問題冊子全体を裏返して必ず読むこと。



指示があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
問題の内容に関する質問にはお答えできません。

(燃料及び燃焼管理)

問題 8 次の各文章の ~ の中に入れるべき最も適切な字句、数値又は記述をそれぞれの解答群から選び、その記号を答えよ。なお、一つの解答群から同じ記号を 2 回以上使用してもよい。

(配点計 30 点)

(1) ボイラや工業炉で一般的に使用される、メタンガス、プロパンガス、A 重油及び石炭の 4 種類の燃料を比較する。

ある一定の燃焼熱量を発生させるのに必要な量だけ燃焼させたときに、CO₂ の発生量が大きいものから小さいものの順に並べると、 になる。また、低発熱量 H_1 と高発熱量 H_h の比 $\frac{H_1}{H_h}$ が最も小さいのは であり、その概略値は である。

< ~ の解答群 >

- ア 0.85 イ 0.9 ウ 0.95 エ A 重油
オ プロパンガス カ メタンガス キ 石炭
ク A 重油→石炭→プロパンガス→メタンガス
ケ 石炭→A 重油→プロパンガス→メタンガス
コ 石炭→A 重油→メタンガス→プロパンガス
サ 石炭→プロパンガス→A 重油→メタンガス

(2) 重油は、JIS 規格 (JIS K 2205:2006) によると、動粘度によって 1 種、2 種及び 3 種に分類されており、1 種重油の動粘度は 20 mm²/s 以下と規定されている。3 種重油については、動粘度を 20 mm²/s 程度にするためには 程度に昇温する必要がある。

市販の重油の高発熱量は 程度であり、炭素と水素の質量割合の比 (C/H 比) と発熱量との間には、 。また、C/H 比が大きいものほど密度は 傾向がある。

3 種類の重油のうちで最も密度が低いのは である。

< ~ の解答群 >

- ア 50℃ イ 90℃ ウ 130℃ エ 30 MJ/kg
オ 35 MJ/kg カ 45 MJ/kg キ 高い ク 低い

ケ 1種 コ 2種 サ 3種

シ C/H比が大きいものほど発熱量は小さい傾向がある

ス C/H比が大きいものほど発熱量は大きい傾向がある

セ 明確な相関はない

(3) 燃焼過程で生成されるすすは、2種類に類別される。一方は、炭化水素系の燃料の燃焼過程において、炭化水素などが重合、脱水素を経て凝集、成長したもので、 形と呼ばれる。他方は、重質油や石炭の燃焼において、残留重質分やチャーが未燃のまま排出されるもので、 形と呼ばれる。

ガスや軽質油のバーナ燃焼において、運転空気比が となったり、燃料と空気の混合が不良になったりすると、すすの生成増大によって火炎の が変化し、それによってバーナ運転の異常を察知することもできる。

< ~ の解答群 >

ア 温度 イ 過小 ウ 過大 エ 還元分解 オ 気相析出
カ 気相分解 キ 輝度 ク 形状 ケ 固相析出 コ 残炭

(4) 燃焼設備における失火は爆発事故につながるおそれがあり、安定燃焼の維持を監視することは重要である。一般的なバーナで使用されている燃焼監視方法としては、火炎位置にフレイムロッドを挿入し、 によって火炎の存在を確認する方式や、火炎が発出する電磁波を検知する方式がある。

火炎から発出される電磁波には、化学発光と熱放射があり、化学発光の代表的なものとしては、火炎中の活性中間化学種からの 波長域及び 波長域の発光がある。化学発光のうちの 波長域の光を検知する燃焼監視方法では、高温のバーナタイルや炉内壁からの熱放射の主体である 波長域の電磁波の影響による誤認を回避できる利点がある。

< ~ の解答群 >

ア 可視 イ 紫外 ウ 赤外
エ 火炎中のガスの導電性 オ 火炎中のガスの熱伝導性 カ フレイムロッドの電気抵抗

(燃料及び燃焼管理)

問題 9 次の各文章の ～ の中に入れるべき最も適切な字句、数値又は記述をそれぞれの解答群から選び、その記号を答えよ。(配点計 30 点)

(1) 次の①～⑦に示す気体燃料の燃焼装置に関する記述のうち、明らかに誤っているものは 及び である。

- ① 工業用ガスバーナとしては、拡散燃焼バーナが最も多く用いられている。
- ② 拡散燃焼バーナでは、空気の予熱はできるが、燃料の予熱はできない。
- ③ 拡散燃焼バーナと予混合バーナのうち、逆火の危険性が少ないのは、拡散燃焼バーナである。
- ④ 拡散燃焼バーナ的一种である輝炎ガスバーナでは、1 段目で空気不足での燃焼を行うことにより、炭素粒子を析出させ火炎の放射エネルギーを大きくしている。
- ⑤ 予混合バーナは、拡散燃焼バーナより高負荷燃焼ができる。
- ⑥ 比例混合器を用いた予混合バーナでは、燃料ガスの運動量を駆動力として空気を吸引する。
- ⑦ ブンゼンバーナは、部分予混合バーナの一形式に分類される。

< 及び の解答群 >

ア ① イ ② ウ ③ エ ④ オ ⑤ カ ⑥ キ ⑦

(2) 非戻り油方式の噴霧燃焼バーナでは、噴射油量は供給油圧の 乗に比例して変化するため、噴射口径が一定の条件では、低負荷側は、一般的に油量を定格値の $\frac{1}{2}$ 程度までしか調節できない。これに対して、戻り油式では供給油圧を一定にして、戻り油圧力を調節するので、油量が定格値の $\frac{1}{4} \sim \frac{1}{3}$ 程度の低負荷時でも噴霧は良好となる。このとき、油量の減少に伴って噴射角度は 特性がある。

< 及び の解答群 >

ア $\frac{1}{2}$ イ $\frac{2}{3}$ ウ 1 エ $\frac{3}{2}$ オ 2
カ 減少する キ 増大する ク 変化しない ケ 一旦減少した後、増大する

(3) 次の①～⑥に示す固体燃料の燃焼装置に関する記述のうち、明らかに誤っているものは 及び である。

- ① 都市ごみ焼却炉としての火格子燃焼装置では、可動火格子の一種である階段ストーカがよく用いられる。
- ② 火格子燃焼装置と流動層燃焼装置とを比較すると、より大粒径の燃料を使用できるのは、火格子燃焼装置である。
- ③ 石炭や都市ごみの流動層燃焼での代表的な流動層温度は、1000～1100℃である。
- ④ 循環流動層燃焼装置と気泡流動層燃焼装置とを比較すると、空気流速が大きいのは循環流動層燃焼装置である。
- ⑤ 微粉炭燃焼装置は、流動層燃焼装置に比べ、より広範囲な燃料比の石炭を使用できる。
- ⑥ 微粉炭燃焼装置での石炭粒子の装置内滞留時間は、数秒である。

< 及び の解答群 >

ア ① イ ② ウ ③ エ ④ オ ⑤ カ ⑥

(4) 次の①～⑥に示す燃焼装置に関する記述のうち、明らかに誤っているものは 及び である。

- ① 過剰空気を減らすと、装置外壁からの放熱損失を大幅に減らすことができる。
- ② 燃焼用空気を予熱すると、同じ燃焼温度にするための燃料消費量を小さくできる。
- ③ 排ガス中酸素濃度が高いにもかかわらず、不完全燃焼を生じる場合、排ガスダクトへの空気の漏入の可能性がある。
- ④ 燃焼用空気の自然通風方式では、押し込みファンを使用する。
- ⑤ ガス燃料と固体燃料とを比較すると、完全燃焼に必要な空気比は、一般に固体燃料の方が大きい。
- ⑥ 一般に、燃焼室熱負荷を大きくすると、NO_xが増加する傾向にある。

< 及び の解答群 >

ア ① イ ② ウ ③ エ ④ オ ⑤ カ ⑥

(5) 酸素の連続分析計の一種である 酸素計は、酸素の電気化学的酸化還元反応を利用したものである。ある燃焼装置の乾き排ガス中の酸素濃度を測定したところ、酸素計は 6.6% を示した。測定後、排ガス分析ラインに空気の漏れ込みがあることが分かり、その漏れ込み空気の影響を補正することとした。酸素計に導入した乾き試料ガス中の 10% が漏れ込み空気であるとき、空気中の水分を無視すると、本来の排ガス中の酸素濃度は約 [%] となる。

< 及び の解答群 >

- | | | | | |
|----------|---------|---------|-------|-------|
| ア 3.5 | イ 4.0 | ウ 4.5 | エ 5.0 | オ 5.5 |
| カ ジルコニア式 | キ ダンベル型 | ク 圧力検出型 | | |

(空 白)

(燃焼計算)

問題 10 次の各文章の ～ の中に入れるべき最も適切な数値又は式を ～ の解答群から選び、その記号を答えよ。なお、、 及び は2箇所あるが、それぞれ同じ記号が入る。

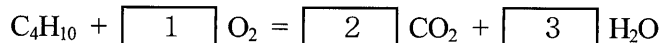
また、 ～ に当てはまる数値を計算し、その結果を答えよ。ただし、解答は解答すべき数値の最小位の一つ下の位で四捨五入すること。(配点計 50 点)

ブタンガス (C_4H_{10}) を燃焼室において空気比 1.2 で完全燃焼させた後、温度が $25^\circ C$ の空気と混合して温度が $500^\circ C$ の熱風を発生する装置がある。燃料及び燃焼用空気は $25^\circ C$ で供給され、混合の過程において熱損失はないものとして、次の計算 1) ～ 4) を行う。

ただし、ブタンの低発熱量を 118.5 MJ/m^3_N 、熱風の平均定圧比熱を $1.37 \text{ kJ}/(\text{m}^3_N \cdot K)$ とする。また、燃焼用空気及び混合する空気に含まれる水蒸気は無視できるものとする。

1) 理論空気量を計算する。

ブタンガスの完全燃焼反応式は次のようになる。



この式より、ブタン 1 m^3_N を燃焼させるのに必要な酸素量 V_{O_0} は [m^3_N] であるため、理論空気量 V_{A_0} は次のようになる。

$$V_{A_0} = \frac{V_{O_0}}{\text{}} = \text{ } [\text{m}^3_N/\text{m}^3_{N-f}]$$

2) 理論燃焼ガス量及び最大二酸化炭素濃度を計算する。

ブタン 1 m^3_N を完全燃焼させたときに発生する CO_2 量 V_{CO_2} は [m^3_N] である。理論乾き燃焼ガス量 V'_{G_0} は式 で表され、計算すると [$\text{m}^3_N/\text{m}^3_{N-f}$] になる。また、理論乾き燃焼ガス中の CO_2 濃度である最大二酸化炭素濃度 $(CO_2)_{\max}$ は [%] である。

さらに、ブタン 1 m^3_N を完全燃焼させたときに発生する H_2O 量 V_{H_2O} は [m^3_N] であるため、理論湿り燃焼ガス量 V_{G_0} は [$\text{m}^3_N/\text{m}^3_{N-f}$] になる。

3) 混合した空気量を計算する。

熱風の保有する熱量は燃料の低発熱量に等しく、熱風の温度が 500°C であるため、熱風の量は
ブタン 1 m^3_{N} 当たり $\boxed{\text{E}} \boxed{\text{abc}}$ $[\text{m}^3_{\text{N}}]$ である。

ブタンを空気比 α で燃焼するときの湿り燃焼ガス量は式 $\boxed{6}$ で表されるが、燃焼室での
空気比が 1.2 であることから、燃焼室を出るときのブタン 1 m^3_{N} 当たりの湿り燃焼ガス量は
 $\boxed{\text{F}} \boxed{\text{ab.c}}$ $[\text{m}^3_{\text{N}}]$ である。このため、燃焼室を出た後で混合した空気量は、ブタン 1 m^3_{N} 当たり
 $\boxed{\text{G}} \boxed{\text{abc}}$ $[\text{m}^3_{\text{N}}]$ となる。

4) 熱風中の O_2 濃度を計算する。

熱風中に含まれる、燃焼時の過剰空気量と燃焼後に混合した空気量の合計は、ブタン 1 m^3_{N}
当たり $\boxed{\text{H}} \boxed{\text{abc}}$ $[\text{m}^3_{\text{N}}]$ であるため、熱風中の O_2 濃度は $\boxed{\text{I}} \boxed{\text{ab.c}}$ [%] である。

< $\boxed{1}$ ~ $\boxed{6}$ の解答群 >

ア	0.16	イ	0.18	ウ	0.21	エ	0.25	オ	2	カ	3
キ	4	ク	5	ケ	6.5	コ	7	サ	$V_{\text{A}_0} + V_{\text{CO}_2}$		
シ	$V_{\text{O}_0} + V_{\text{CO}_2}$			ス	$V_{\text{A}_0} - V_{\text{O}_0}$			セ	$V_{\text{A}_0} - V_{\text{O}_0} + V_{\text{CO}_2}$		
ソ	$V_{\text{G}_0} + \alpha V_{\text{A}_0}$			タ	$V_{\text{G}_0} + (\alpha - 1) V_{\text{A}_0}$			チ	$\alpha V_{\text{A}_0} + V_{\text{CO}_2} + V_{\text{H}_2\text{O}}$		
ツ	$(\alpha - 1) V_{\text{A}_0} + V_{\text{CO}_2} + V_{\text{H}_2\text{O}}$										

(表紙からの続き)

II 解答上の注意

1. 問題の解答は、該当欄にマークすること。
2. 、 などは、解答群の字句、数値、式、図などから当てはまる記号「ア、イ、ウ、エ、オ・・・」を選択し、該当欄のその記号を塗りつぶすこと。
3. 、 などは、計算結果などの数値を解答する設問である。a,b,c,d などのアルファベットごとに該当する数字「0,1,2,3,4,5,6,7,8,9」(ただし、aは0以外とする)を塗りつぶすこと。

また、計算をとまなう解答の場合は以下によること。

- (1) 解答は解答すべき数値の最小位の一つ下の位で四捨五入すること。

このとき、解答すべき数値の計算過程においても、すべて最小位よりも一つ下の位まで計算し、最後に四捨五入すること。

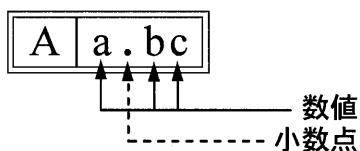
- (2) 既に解答した数値を用いて次の問題以降の計算を行う場合も、解答すべき数値の桁数が同じ場合は、四捨五入後の数値ではなく、四捨五入する前の数値を用いて計算すること。

- (3) 問題文中で与えられる数値は、記載してある位以降は「0」として扱い、「解答は解答すべき数値の最小位の一つ下の位で四捨五入すること。」を満足しているものとする。

例えば、2.1 kg の 2.1 は、2.100...と考える。特に円周率などの場合、実際は $\pi = 3.1415...$ であるが、 $\pi = 3.14$ で与えられた場合は、3.1400...として計算すること。

「解答例 1」

(設問)



(計算結果)

6.827.....

↓ 四捨五入

6.83

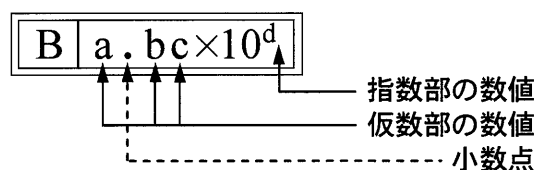
(解答)

「6.83」に
マークする

		A			
		a	.	b	c
①		0		0	
②		1		1	
③		2		2	
④		3		●	
⑤		4		4	
⑥		5		5	
⑦		6		6	
⑧		7		7	
⑨		8		●	
		9		9	

「解答例 2」

(設問)



(計算結果)

9.183×10^2

↓ 四捨五入

9.18×10^2

(解答)

「 9.18×10^2 」に
マークする

		B				
		a	.	b	c	×10 d
①						0
②		0		0		1
③		1		1		●
④		2		2		3
⑤		3		3		4
⑥		4		4		5
⑦		5		5		6
⑧		6		6		7
⑨		7		7		8
⑩		8		●		9
⑪		9		9		0