



課目Ⅲ 燃料と燃焼

試験時間 9:00~10:20 (80分)

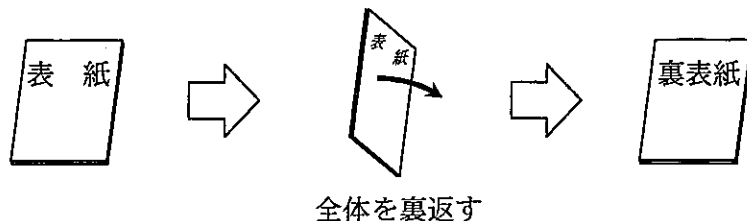
1 時限

問題 8, 9	燃料及び燃焼管理	1~6 ページ
問題 10	燃焼計算	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 [1] ~ [14] の中に入れるべき最も適切な字句、数値又は式をそれぞれの解答群から選び、その記号を答えよ。なお、同じ記号を2回以上使用してもよい。(配点計 30 点)

(1) 都市ガス 13 A、コークス炉ガス (COG)、高炉ガス (BFG) の3種類の気体燃料それぞれの成分をみると、可燃成分のうちで濃度 (体積割合) が最大のものは、都市ガス 13 A では [1]、コークス炉ガス (COG) では [2]、高炉ガス (BFG) では [3] である。また、これら3種類の気体燃料のうち、単位体積当たりの発熱量が最も大きいのは [4] であり、最も小さいのは [5] である。

< [1] ~ [5] の解答群 >

ア H₂ イ CO ウ CH₄ エ C₂H₆
オ コークス炉ガス (COG) カ 高炉ガス (BFG) キ 都市ガス 13 A

(2) 液体燃料を噴霧燃焼する場合、その動粘度が 15 ~ 45 mm²/s 程度であれば、一般的な噴射弁で霧化が可能である。したがって、重油を噴霧燃焼する場合、JIS 規格 (JIS K 2205:2006) の第1種、第2種、第3種の3種類の重油のうち、[6] 重油については、良好な霧化を確保するために約 90℃ 以上の加熱が必要である。

< [6] の解答群 >

ア 第1種 イ 第3種 ウ 第1種及び第2種 エ 第2種及び第3種

(3) 軽油は主としてディーゼル機関の燃料に使用されており、大気汚染防止の観点から、[7] の要求品質が規定されている。最新の JIS 規格 (JIS K 2204:2007) では、その値 (質量 %) は [8] [%] 以下である。

< [7] 及び [8] の解答群 >

ア 0.0010 イ 0.0050 ウ 0.010
エ 窒素分 オ 硫黄分 カ 灰分

(4) 可燃性混合気がある温度になると発熱反応が進行して火炎が発生する。この現象を という。一方、電気火花やパイロット火炎などによって混合気中に火炎核が形成され、それから火炎伝播が開始する場合を という。前者は 、後者は の燃焼で起きる現象である。

< ~ の解答群 >

ア ガスタービン イ ガソリン機関 ウ ディーゼル機関 エ 自発着火
オ 強制点火 カ 連鎖点火 キ 引火 ク ノック

(5) 気体燃料の予混合燃焼では、逆火に対する配慮が必要である。予混合気の通路断面が円形の場合、その直径がある値以下になると火炎が伝播できなくなるが、この限界の直径は 直径と呼ばれる。 CH_4 と空気の混合気や C_3H_8 と空気の混合気の場合、予混合気がほぼ理論当量比であるときに、この直径が最少になり、常温、常圧下ではその値は のオーダーである。

したがって、逆火防止のため、予混合気の通路にこれを考慮した多孔板などを挿入することが重要である。

< 及び の解答群 >

ア 数マイクロメートル イ 数十マイクロメートル ウ 数ミリメートル
エ 数十ミリメートル オ 消炎 カ 逆火
キ 無炎 ク 火炎伝播

(燃料及び燃焼管理)

問題9 次の各問に答えよ。(配点計 30 点)

(1) 次の文章の 及び の中に入れるべき最も適切な字句を 及び の解答群> から選び、その記号を答えよ。

ガス燃料の燃焼に関する次の各記述のうち、明らかに誤っているものは 及び である。

- ① 拡散燃焼バーナにはポート型とベンチュリ型がある。
- ② 拡散燃焼方式では、燃料と空気をそれぞれ予熱できる。
- ③ 予混合燃焼方式では、混合気の流速をある程度以上大きくすると、失火(吹き消え)のおそれがある。
- ④ ガス燃焼火炎の輝度は、一般的に油燃焼火炎の輝度より小さい。
- ⑤ ラジアントチューブ方式は直接加熱方式のバーナである。
- ⑥ 一般の工業炉で用いられる蓄熱式バーナ燃焼では、数十秒間隔で二つのバーナを交互に燃焼と排気のモードに切り替える。

< 及び の解答群 >

ア ① イ ② ウ ③ エ ④ オ ⑤ カ ⑥

(2) 次の文章の ~ の中に入れるべき最も適切な字句を ~ の解答群> から選び、その記号を答えよ。なお、同じ記号を2回以上使用してもよい。

液体燃料の燃焼装置としては、家庭用ストーブなどの小型の燃焼器で、灯油や軽油などの軽質油を燃焼させる 燃焼装置があるが、工業的に最も多く利用されるのは噴霧燃焼装置である。後者には、油圧式、回転式及び気流式がある。油圧式には、戻り油方式と非戻り油方式があるが、比較的におよ量調節範囲が広いのは 方式である。油圧式、回転式及び気流式の中で、容量も比較的大きく最もおよ量調節範囲が広いのは、 式であり、最もおよ量調節範囲が狭いのは 式である。また、油圧式、回転式及び気流式の中で、狭角の炎が形成され

るのは 式である。回転式では霧化用空気のゲージ圧は 程度で、低圧の気流式と同程度である。

< ~ の解答群 >

- | | | | |
|---------|---------|----------|------|
| ア 数十 Pa | イ 数 kPa | ウ 数百 kPa | エ 分解 |
| オ 混合 | カ 蒸発 | キ 回転 | ク 気流 |
| ケ 油圧 | コ 戻り油 | サ 非戻り油 | |

(3) 固体燃料を燃焼する発電用ボイラに関する次の文章の ~ の中に入れるべき最も適切な字句又は数値を < ~ の解答群 > から選び、その記号を答えよ。

微粉炭燃焼方式では、石炭は メッシュ^{ふるい}篩通過約 80% 以上に微粉碎された後、高压空気とともに装置内に吹き込まれ、燃焼する。このとき、灰はほとんどが として排出される。

石炭燃焼で微粉炭燃焼方式と流動層燃焼方式を比較した場合、最大容量が大きいのは 燃焼方式で、同一蒸発量で比べたときコンパクトになるのは 燃焼方式である。また、環境対策として、微粉炭燃焼方式では排煙脱硫及び排煙脱硝装置が必要であるが、流動層燃焼方式では、 のため低 NOx となるほか、石灰石による も可能である。

< ~ の解答群 >

- | | | |
|---------|-----------|-----------|
| ア 100 | イ 200 | ウ 300 |
| エ クリンカ | オ フライアッシュ | カ ボトムアッシュ |
| キ 微粉炭 | ク 流動層 | ケ 低温燃焼 |
| コ 長時間燃焼 | サ 低酸素燃焼 | シ 炉内脱硫 |
| ス 炉内脱硝 | セ 排煙脱硝 | |

問題 9 の (4) 及び (5) は次の 5 頁及び 6 頁にある

4) 次の文章の 15 及び 16 の中に入れるべき最も適切な字句を 15 及び 16 の解答群 > から選び、その記号を答えよ。

次の表の燃焼装置の設備・環境対策とその目的の組み合わせのうち、明らかに誤っているものは 15 及び 16 である。

	設備・環境対策	目的
①	空気予熱器の伝熱面表面温度の上昇	高温腐食の低減
②	エマルジョン燃焼の適用	ばいじん排出量の低減
③	低空気比燃焼の適用	ばいじん排出量の低減
④	炉内バーナ部への水蒸気吹き込み	NO _x 排出量の低減
⑤	炉内へのアンモニア吹き込み	NO _x 排出量の低減
⑥	重油から天然ガスへの燃料転換	SO ₂ 排出量の低減

< 15 及び 16 の解答群 >

ア ①

イ ②

ウ ③

エ ④

オ ⑤

カ ⑥

(5) 次の文章の 及び の中に入れるべき最も適切な字句を 及び の解答群 > から選び、その記号を答えよ。

燃焼設備からの排ガス分析に関する次の各記述のうち、明らかに誤っているものは 及び である。

- ① 一般に、ガス成分分析のための煙道の排ガス採取では、一つの採取点で良い。
- ② 排ガス成分分析用の試料ガス導管は、凝縮水による閉塞を防ぐため、勾配をつけて施工することが望ましい。
- ③ 赤外線方式の CO 分析計では、排ガス中の水蒸気は、分析上の干渉成分である。
- ④ ジルコニア方式は、NO_x 分析計の一方式である。
- ⑤ ガスクロマトグラフ法では、原理的に間欠的な分析となる。
- ⑥ 化学発光方式の NO_x 分析計は、発光に NO と CO₂ の反応を利用する。

< 及び の解答群 >

- | | | |
|-----|-----|-----|
| ア ① | イ ② | ウ ③ |
| エ ④ | オ ⑤ | カ ⑥ |

(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。

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}) を空気比 1.10 で完全燃焼している加熱炉があり、排ガス温度は $450^\circ C$ である。排ガス損失を低減するため、体積割合で 25% まで酸素濃度を高めた空気を用いて燃焼させることにした。燃料単位量当たりの燃焼ガス中の残存酸素量すなわち過剰酸素量が同じになるように空気を供給するものとして、以下の計算 (1) ～ (4) を行う。

ただし、ブタンの低発熱量を $118.5 MJ/m^3_N$ 、湿り燃焼ガスの平均定圧比熱は酸素を添加した場合も変わらず $1.43 kJ/(m^3_N \cdot K)$ で一定とする。また、酸素を添加した場合も排ガス温度は $450^\circ C$ とする。

(1) 通常 of 空気を使したときの供給空気量を計算する。

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。

$$V_{A_0} = \frac{V_{O_0}}{\text{2}} = \text{A} \text{ ab.c} \text{ } [m^3_N/m^3_{N-f}]$$

燃焼している空気比が 1.10 であるため、供給している空気量 V_{A_1} は [m^3_N/m^3_{N-f}] である。

(2) 通常 of 空気を使したときの湿り燃焼ガス量を計算する。

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

空気比 α で燃焼しているときの湿り燃焼ガス量 V_G は、理論空気量 V_{A_0} と理論湿り燃焼ガス量 V_{G_0} を使えば式 で表され、空気比が 1.10 であるため、湿り燃焼ガス量 V_{G_1} は [m^3_N/m^3_{N-f}] となる。また、このとき湿り燃焼ガスに含まれる過剰酸素量 V_{O_E} は $\times 10^{-1}$ [m^3_N/m^3_{N-f}] である。

(3) 酸素濃度を高めた空気を用いるときの供給空気量を計算する。

酸素濃度が25%の空気を用いるため、理論空気量 $V_{A_{02}}$ は $\boxed{F} \boxed{ab.c}$ [m^3_N/m^3_{N-f}] になる。
 酸素を添加したときの供給空気量を V_{A_2} とすれば、過剰酸素量 V_{OE} は式 $\boxed{7}$ で表される。酸素濃度を高めた空気を用いる場合も、燃焼ガス中の残存酸素量を等しくすることから、供給空気量 V_{A_2} は $\boxed{G} \boxed{ab.c}$ [m^3_N/m^3_{N-f}] になる。

(4) 排ガス損失割合を計算する。

基準温度を25℃として計算した排ガスの保有熱量を、燃料の低発熱量に対する割合で示したものを排ガス損失割合 R_G とすれば、排ガス温度が450℃であるため、通常の空気を使用した場合の排ガス損失割合 R_{G_1} は、 $\boxed{H} \boxed{ab.c}$ [%] となる。これに対し、酸素濃度を高めた空気を用いるときには、湿り燃焼ガス量 V_{G_2} は供給空気量の減少分だけ少なくなり、 $\boxed{I} \boxed{ab.c}$ [m^3_N/m^3_{N-f}] になるため、排ガス損失割合 R_{G_2} は $\boxed{J} \boxed{ab.c}$ [%] になる。この結果、通常の空気を使用した場合に比べて燃料消費量は $\boxed{K} \boxed{ab}$ [%] 減少することになる。ただし、排ガス損失分を除いた加熱に必要な熱量(排ガス損失以外の損失分を含む)は排ガス量調整前後で変わらないものとする。

< $\boxed{1}$ ~ $\boxed{7}$ の解答群 >

- | | | |
|--|---|--|
| ア 0.16 | イ 0.21 | ウ 0.25 |
| エ 3.5 | オ 4 | カ 4.5 |
| キ 5 | ク 5.5 | ケ 6 |
| コ 6.5 | サ 7 | シ $0.25(V_{A_2} - V_{O_0})$ |
| ス $V_{A_2} - V_{O_0}$ | セ $0.25 V_{A_2} - V_{O_0}$ | ソ $V_{A_{01}} - V_{O_0} + V_{CO_2} + V_{H_2O}$ |
| タ $V_{A_{01}} + V_{CO_2} + V_{H_2O}$ | チ $V_{O_0} + V_{CO_2} + V_{H_2O}$ | ツ $V_{G_{01}} + (\alpha - 1)V_{A_{01}}$ |
| テ $V_{G_{01}} + \alpha V_{A_{01}} - V_{O_0}$ | ト $V_{G_{01}} + (\alpha - 1)V_{A_{01}} - V_{O_0}$ | |

(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. (1)

1

、

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。
- (2)

A	a.bc
---	------

、

B	a.bc×10 ^d
---	----------------------

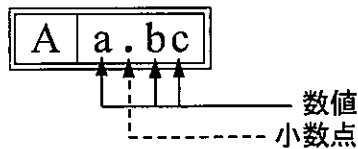
 などは、計算結果などの数値を解答する設問である。それぞれ a,b,c などのアルファベットごとに該当する数字「0,1,2,3,4,5,6,7,8,9」を塗りつぶすこと。

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。

「解答例 1」

(設問)



(計算結果)

6.827……
↓ 四捨五入
6.83

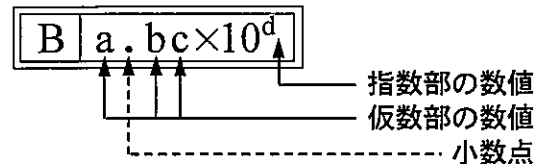
(解答)

「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	●
⑩				9	9

「解答例 2」

(設問)



(計算結果)

9.183×10²
↓ 四捨五入
9.18×10²

(解答)

「9.18×10²」に
マークする

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

- (3) 問題文中で与えられる数値は、記載してある位以降はすべて「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 $\pi = 3.1415\dots$ 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。