



課目Ⅲ 燃料と燃焼

試験時間 9:00~10:20 (80分)

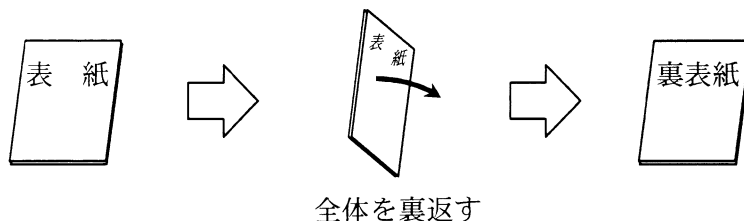
1 時限

問題 8, 9	燃料及び燃焼管理	1~5 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 ～ の中に入れるべき最も適切な字句、数値、式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、 は3箇所あるが、同じ記号が入る。
(配点計 30 点)

(1) 各種燃料の発熱量の値について考える。

一般的に使用される各種炭化水素ガス (CH_4 、 C_3H_8 、 C_4H_{10} など) の単位質量当たりの高発熱量は、

。

水素、メタン、軽油や重油などの燃料油、燃焼用の石炭である一般炭の4種類の燃料について、それぞれの単位質量当たりの高発熱量を比較する。単位質量当たりの高発熱量が最も大きいのは である。燃料油と一般炭の単位質量当たりの高発熱量を比べると の方が大きい。燃料油とメタンの単位質量当たりの高発熱量を比べると の方が大きい。

< ～ の解答群 >

- ア 一般炭 イ 水素 ウ 燃料油 エ メタン
オ 炭化水素ガスの分子式を C_mH_n と表記すると m にほぼ比例して大きくなる
カ 分子量にほぼ比例して大きくなる
キ いずれもほぼ同じである

(2) 建屋内の燃焼設備で、都市ガス (13A) あるいはプロパンガスを使用する場合を考える。

都市ガス (13A) の主成分である の分子量の概略値は 、プロパンガスの分子量の概略値は である。それぞれの燃料の漏洩検出センサについて、空気の平均分子量との相対的な大小関係より、都市ガス (13A) 用のそれは 、プロパンガスのそれは に設置するのが適正である。

< ～ の解答群 >

- ア 天井側 イ 床面側 ウ CH_4 エ C_2H_6
オ C_3H_8 カ CO キ 16 ク 20
ケ 28 コ 30 サ 44 シ 52

(3) 空気中に浮遊した単一の燃料液滴が燃焼する場合、燃焼が開始してからの時間を t 、燃焼開始後の液滴の直径を d_1 とすると、液滴の大きさの時間的な変化は、ほぼ次式で表される。

$$\boxed{10} = -C_b$$

ここで、 C_b は燃焼速度定数と呼ばれる。

上式を積分し、液滴の初期直径を d_0 とすると次式が成り立つ。

$$\boxed{11} = -C_b t$$

したがって、液滴の初期直径が $\frac{1}{2}$ になると、液滴が燃焼を開始してから燃え切るまでの所要時間は、ほぼ $\boxed{12}$ になる。

< $\boxed{10}$ ~ $\boxed{12}$ の解答群 >

ア $d_1 - d_0$

イ $d_1^2 - d_0^2$

ウ $d_1^3 - d_0^3$

エ $\frac{d(d_1)}{dt}$

オ $\frac{d(d_1^2)}{dt}$

カ $\frac{d(d_1^3)}{dt}$

キ $\frac{1}{8}$

ク $\frac{1}{4}$

ケ $\frac{1}{2}$

(4) 2枚の平板間に燃料ガスと空気の混合気が満たされているとき、その混合気中を火炎が伝播できない最大の平板間隔を $\boxed{13}$ 距離という。これは、予混合燃焼における逆火への配慮において重要である。一般的に使用される気体炭化水素燃料と空気の常温・常圧の混合気については、混合気の当量比が理論当量比付近の場合に、 $\boxed{13}$ 距離の値は $\boxed{14}$ [mm] 程度である。当量比が理論当量比より小さくなると、 $\boxed{13}$ 距離は $\boxed{15}$ 。混合気の通路の条件によって火炎が伝播できなくなる現象を利用して、予混合燃焼バーナの混合気供給流路に、多孔板や鋼球充填層を設けて逆火を防止するものを $\boxed{16}$ という。

< $\boxed{13}$ ~ $\boxed{16}$ の解答群 >

ア 逆火

イ 失火

ウ 消炎

エ 無炎

オ 小さくなる

カ 大きくなる

キ フレームトラップ

ク フレームホルダ

ケ フレームリテンション

コ 0.02

サ 0.2

シ 2

(燃料及び燃焼管理)

問題9 次の各文章及び表の ～ 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。(配点計 30 点)

(1) 拡散燃焼バーナは逆火の危険がなく、また、燃料や空気の予熱もできることから、工業用バーナとして広く用いられる。拡散燃焼バーナの代表的なバーナ型式にはポート型と がある。一般に、ガス火炎の放射率は 程度であるが、放射による加熱の用途では、放射率を更に増大させるために、火炎中で放射を担う の生成を増大させる方式の輝炎バーナが開発されている。

< ～ の解答群 >

- | | | | |
|------------|-------------|------------------|-------------------|
| ア ジェット型 | イ ノズル型 | ウ ブンゼン型 | エ ベンチュリー型 |
| オ 炭素粒子 | カ OH ラジカル | キ O ₃ | ク CO ₂ |
| ケ 0.2～0.35 | コ 0.45～0.65 | サ 0.75～0.85 | シ 1.0～1.2 |

(2) 次の表1は、液体燃料の噴霧燃焼装置に用いられるバーナ形式について、単機バーナ容量範囲、油量調節範囲、火炎の特徴、及び主な用途を示したものである。表中の下線部で示される①～⑥の記述のうち、明らかに誤っているものは 及び である。

表1 各種バーナの特徴と用途

バーナ形式	単機バーナ 容量範囲 (L/h)	油量調節範囲	火炎の特徴	主な用途
油圧式	① <u>30～3000</u>	ノンリターン 1:2 リターン 1:3	広角の火炎で、 比較的短い火炎	② <u>発電用、船用などの 大型ボイラ</u>
回転式	5～1000	1:5	③ <u>広角の火炎、火炎長 は空気量で調節可能</u>	負荷変動のある 中・小型ボイラ
低圧気流式	2～300	④ <u>1:2</u>	比較的狭角の火炎で 短炎	⑤ <u>小型加熱炉など、 比較的小規模の 加熱装置</u>
高圧気流式	2～2000	1:10	⑥ <u>最も広角の火炎で 短炎</u>	連続加熱炉など、 均一加熱の必要な 加熱炉

〈 4 及び 5 の解答群 〉

ア ① イ ② ウ ③ エ ④ オ ⑤ カ ⑥

(3) 石炭燃焼装置について説明した次の記述のうち、明らかに誤っているものは 6 及び 7 である。

- ① 流動層燃焼装置では、数 cm 程度の塊状の燃料が使用できる。
- ② 流動層燃焼方式と微粉炭燃焼方式のボイラ火炉を比較した場合、同一の蒸発量では微粉炭ボイラの方がコンパクトになる。
- ③ 火格子燃焼装置の燃料供給方式には、下込め方式と上込め方式がある。
- ④ 火格子燃焼装置、微粉炭燃焼装置、流動層燃焼装置で燃焼温度が最も低いのは流動層燃焼装置である。
- ⑤ 火格子燃焼装置と微粉炭燃焼装置で燃焼用空気の流速を比較すると、微粉炭燃焼装置の方が大きい。
- ⑥ 微粉炭燃焼装置では、灰は全てフライアッシュとして排出される。

〈 6 及び 7 の解答群 〉

ア ① イ ② ウ ③ エ ④ オ ⑤ カ ⑥

問題 9 の (4) 及び (5) は次の 5 頁にある

(4) 次の表2は、JISにより規定されている排ガス中のO₂、NO及びSO₂を連続的に測定する自動計測器の方式を示したものである。

表2 排ガス中のO₂、NO及びSO₂自動計測器

測定対象ガス	自動計測器の方式
O ₂	電気化学式、 <input type="text" value="8"/> 式
NO	赤外線吸収方式、紫外線吸収方式、 <input type="text" value="9"/> 方式、差分分光吸収方式
SO ₂	赤外線吸収方式、紫外線吸収方式、紫外線蛍光方式、 <input type="text" value="10"/> 方式、干渉分光方式

< ~ の解答群 >

- ア 化学発光 イ 検知管 ウ 紫外線蛍光 エ 磁気
 オ 熱伝導率 カ 溶液導電率 キ ガスクロマトグラフ

(5) 燃焼関連設備及びその管理に関する次の記述のうち、明らかに誤っているものは 及び である。

- ① 低温腐食の防止には、伝熱面等を酸露点以下の温度に保つことが有効である。
- ② ガス燃料及び固体燃料をそれぞれ使用する一般的な燃焼装置で比較した場合、完全燃焼に必要な空気比は固体燃焼の方が大きい。
- ③ 排ガス中の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、排ガスダクトへ空気が漏入しているおそれがある。
- ④ 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。
- ⑤ 火炎検出センサのうち、赤外光を検出するものと紫外光を検出するものを比較すると、火炎の誤認が少ないのは赤外光を検出するセンサである。
- ⑥ 燃焼用空気を予熱すると、同一の燃焼温度を得るのに必要な燃料消費量を小さくできる。

< 及び の解答群 >

- ア ① イ ② ウ ③ エ ④ オ ⑤ カ ⑥

(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。

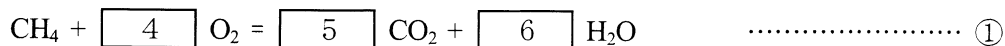
また、 a.bc ~ a.bc に当てはまる数値を計算し、その結果を答えよ。ただし、解答は解答すべき数値の最小位の一つ下の位で四捨五入すること。(配点計 50 点)

質量組成が炭素 87%、水素 13% の重油を燃料として、空気比 1.3 で 1 時間当たり 80 kg/h を完全燃焼させているボイラがある。このボイラからの CO₂ 排出量を低減するため、燃料をメタン (CH₄) に変更することを考える。ただし、空気中の水蒸気は無視することとし、重油の低発熱量を 42.3 MJ/kg-f、メタンの低発熱量を 35.8 MJ/m³_{N-f} とする。

1) 理論空気量を計算する。

炭素 1 kg を完全燃焼させると CO₂ は [m³_N] 発生する。また水素 1 kg を完全燃焼させると H₂O が [m³_N] 発生する。したがって、重油 1 kg を燃焼させるのに必要な理論酸素量は a.bc [m³_N/kg-f] となる。空気中に占める酸素の体積割合は [%] とされることから、理論空気量は ab.c [m³_N/kg-f] と求められる。また、このときの CO₂ 発生量は、重油 1 kg 当たり a.bc [m³_N/kg-f] となる。

一方、メタンが完全燃焼したときの反応式は次のようになる。



①式より、メタン 1 m³_N を燃焼させるのに必要な理論酸素量がわかるので、重油の場合と同様の計算で理論空気量も求められる。

< ~ の解答群 >

ア 1	イ 2	ウ 4	エ 6	オ 16
カ 18	キ 21	ク 22.4	ケ 32	コ $\frac{1}{2}$
サ $\frac{22.4}{24}$	シ $\frac{22.4}{12}$	ス $\frac{22.4}{6}$	セ $\frac{22.4}{4}$	ソ $\frac{22.4}{2}$

2) CO₂排出量を計算する。

このボイラにおける1時間当たりの発生熱量は $\boxed{D} \boxed{a.bc \times 10^d}$ [MJ/h] である。燃料をメタンに変更しても同じ発生熱量を維持するためには、メタンの供給流量 W_{Eq} は $\boxed{E} \boxed{ab.c}$ [m³_N/h] でなくてはならない。これより、燃料を重油からメタンに変えることによって削減されるCO₂排出量は、1) で求めた燃料単位量当たりのCO₂発生量を用いて、1時間当たり $\boxed{F} \boxed{ab.c}$ [m³_N/h] と求められる。

3) 湿り燃焼ガス量を計算する。

燃料を理論空気量で完全燃焼したとすれば、その燃焼ガスに含まれる成分は、燃焼によって生成したCO₂と $\boxed{7}$ 、更に空気中において燃焼に関与しない $\boxed{8}$ である。したがって、重油1kgを燃焼させたときの理論湿り燃焼ガス量は、 $\boxed{G} \boxed{ab.c}$ [m³_N/kg-f]、メタン1m³_Nを燃焼させたときの理論湿り燃焼ガス量は、 $\boxed{H} \boxed{ab.c}$ [m³_N/m³_{N-f}] となる。

これら燃料単位量当たりの理論湿り燃焼ガス量に、それぞれの燃料消費量を乗じることにより、両者の1時間当たりの理論湿り燃焼ガス量が求められ、燃料をメタンに転換したときの方が1時間当たり $\boxed{I} \boxed{ab.c}$ [m³_N/h] だけ理論湿り燃焼ガス量が増加することがわかる。

しかしながら、実際の重油ボイラでは、完全燃焼させるために空気比を比較的高めにするのが一般的である。燃料を理論空気量 V_{A0} で燃焼させたときに発生する理論湿り燃焼ガス量を V_{G0} とすれば、空気比 α で燃焼したときに発生する湿り燃焼ガス量 V_G は、式 $\boxed{9}$ と表される。このことから、空気比を1.3とした場合の湿り燃焼ガス量は、1時間当たり $\boxed{J} \boxed{a.bc \times 10^d}$ [m³_N/h] と計算される。燃料をメタンに転換すれば、気体燃料の特長として少ない空気比で完全燃焼が可能となるため、より燃焼ガス量を減少させることができる。燃料転換後、2) で求めた、重油と同じ発生熱量となるメタンの供給流量 W_{Eq} [m³_N/h] を完全燃焼させたところ、発生する湿り燃焼ガス量が1100m³_N/hであった。このときの空気比は $\boxed{K} \boxed{a.bc}$ であったと考えられる。

< $\boxed{7}$ ~ $\boxed{9}$ の解答群 >

ア $V_G = V_{G0} + \frac{V_{A0}}{\alpha}$ イ $V_G = V_{G0} + V_{A0}(\alpha - 1)$ ウ $V_G = V_{A0} + V_{G0}(\alpha - 1)$

エ O₂ オ N₂ カ CO キ CO₂ ク H₂O ケ SO₂

(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

、

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.

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。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。

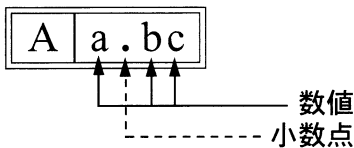
(2) 既に解答した数値を用いて次の問題以降の計算を行う場合も、解答すべき数値の桁数が同じ場合は、四捨五入後の数値ではなく、四捨五入する前の数値を用いて計算すること。

(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)

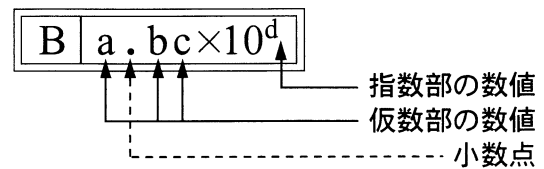
「6.83」に
マークする



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

(裏表紙)