



課目Ⅲ 燃料と燃焼

試験時間 16:20~17:40 (80分)

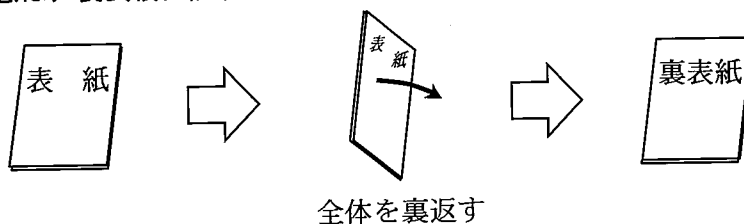
4時限目

問題 8, 9	燃料及び燃焼管理	1~ 5 ページ
問題 10	燃焼計算	7~10 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等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) 液体燃料の量は体積で計量されることが多く、質量への換算のために密度の値が必要である。通常は、液体燃料の  [°C] における密度を [g/cm<sup>3</sup>] の単位で表したり、その値に極めて近いものとして、この密度値と  [°C] の水の密度値との比 (比重) で表したりしている。市販されている重油、軽油、灯油の3種の液体燃料のうち、一般に、密度が最も大きいのは  であり、密度が最も小さいのは  である。

<  ~  の解答群 >

ア 4            イ 15            ウ 25            エ 軽油            オ 重油            カ 灯油

- (2) 主要な都市ガス事業者が供給している「都市ガス13A」は、 を主成分とする原料ガスに、発熱量調整のために  を混合するのが一般的である。この、主成分に混合する成分の割合を高めると、製品ガスの単位体積当たりの発熱量は  し、高発熱量が  [MJ/m<sup>3</sup><sub>N</sub>] 程度に調整されて「都市ガス13A」となる。

<  ~  の解答群 >

ア 25            イ 35            ウ 45            エ H<sub>2</sub>            オ CH<sub>4</sub>  
カ CO            キ CNG            ク LPG            ケ 減少            コ 増大

(3)  $\text{H}_2$ -空気、 $\text{CH}_4$ -空気、 $\text{C}_2\text{H}_2$ -空気、 $\text{C}_3\text{H}_8$ -空気の4種類の可燃混合気について、常温、常圧のもとでの層流燃焼速度を考える。いずれの混合気についても、層流燃焼速度の値は混合気の当量比によって変化するが、層流燃焼速度の最大値（最大燃焼速度と呼ぶことにする）を与える当量比の値が2付近であるのは  混合気である。 $\text{CH}_4$ -空気混合気の大燃焼速度は  [cm/s] 程度であり、大燃焼速度がそれとほぼ同じものは、 混合気である。

<  ~  の解答群 >

ア 40                      イ 90                      ウ 150                      エ 300  
オ  $\text{H}_2$ -空気              カ  $\text{CH}_4$ -空気              キ  $\text{C}_2\text{H}_2$ -空気              ク  $\text{C}_3\text{H}_8$ -空気

(4) 炭化水素系の燃料を燃焼する設備において、燃焼域の酸素濃度と温度をパラメータとして、すすと $\text{NO}_x$ の生成特性について考える。一般に、酸素濃度が高いほどすすは生成  傾向があり、 $\text{NO}_x$ は生成  傾向がある。また、温度が高いほどすすは生成  傾向があり、 $\text{NO}_x$ は生成  傾向がある。

<  ~  の解答群 >

ア しやすい              イ しにくい

(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等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) 気体燃料燃焼装置に関する次の記述のうち、明らかに間違っているものは、 及び  である。

- ① 燃料のみがバーナ内部を通り、先端から出た後で空気と混合して燃焼させる方式のバーナは、拡散燃焼バーナである。
- ② 空気比例制御方式の中で、均圧弁方式は拡散燃焼バーナに適用される。
- ③ 拡散燃焼バーナは、予熱空気を使用でき、工業用バーナとして多用されている。
- ④ 拡散燃焼バーナは、逆火が生じやすいため、燃焼量を広範囲には調節できない。
- ⑤ 部分予混合バーナの空気の予混合には、通常、ベンチュリー管が使用される。
- ⑥ 完全予混合バーナは、燃焼用二次空気を必要とせず、輝炎による急速燃焼が可能である。

<  及び  の解答群 >

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

(2) 液体燃料燃焼装置に関する次の記述のうち、明らかに間違っているものは、 及び  である。

- ① 蒸発式に重油を用いると、ポット内に炭素が堆積し、燃焼が持続できなくなる。
- ② 回転噴霧式は、油圧が霧化に影響を与えないため、燃焼量の調整範囲が広い特徴を持つ。
- ③ 流体噴霧式は、比較的粘度の高い燃料油も温度を上げることで良好に微粒化させることができる。
- ④ 流体噴霧式のうち、噴霧媒体に水蒸気を用いるものを低圧気流式という。
- ⑤ 平衡通風方式は、押込み送風機と排風機を併用し火炉を負圧に調整できるものである。
- ⑥ 保炎器のバッフルタイプは、旋回羽根によって空気に旋回を与え、循環流を発生させる特徴をもつ。

<  及び  の解答群 >

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

(3) 流動層燃焼方式の固体燃料燃焼装置について考える。

1) 運転温度は通常  [°C] 程度で、NO<sub>x</sub> の生成が少ないのが特徴である。

<  の解答群 >

ア 650～750

イ 800～950

ウ 1000～1150

2) 気泡方式と循環方式とがあり、気泡方式の空気流速は、 [m/s] 程度である。

<  の解答群 >

ア 0.1～0.2

イ 1～2

ウ 5～10

3) 汚泥焼却炉では、N<sub>2</sub>O の生成抑制対策として、炉内温度を  [°C] 以上に保つことが求められている。

<  の解答群 >

ア 700

イ 850

ウ 1150

**問題 9 は次の頁に続く**

(4) 燃焼ガス分析法は、大きく物理的分析法と化学的分析法に分けられる。

1) 物理的分析法と化学的分析法のうち、迅速性の点で劣っているのは  的分析法である。

〈  の解答群 〉

ア 化学

イ 物理

2) 次の、赤外線ガス分析計、オルザットガス分析計、化学発光式分析計、ガスクロマトグラフ、ヘンペルガス分析計、磁気式 O<sub>2</sub> 計の中で、化学的分析法は  及び  である。また、前述の分析計中の物理的分析法のうち、連続測定に不適切なものは  である。

〈  ~  の解答群 〉

ア オルザットガス分析計

イ ガスクロマトグラフ

ウ ヘンペルガス分析計

エ 化学発光式分析計

オ 赤外線ガス分析計

カ 磁気式 O<sub>2</sub> 計

3) 排ガス中の硫黄酸化物の分析において、紫外線吸収方式は共存する  の影響を、紫外線蛍光方式は共存する  の影響を、それぞれ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。

〈  及び  の解答群 〉

ア アンモニア

イ 塩化水素

ウ 炭化水素

エ 二酸化炭素

オ 二酸化窒素

(空 白)

(燃焼計算)

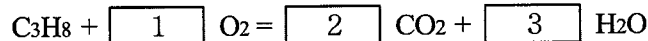
問題 10 次の各文章の  ~  の中に入れるべき最も適切な字句等をそれぞれの解答群から選び、その記号を答えよ。

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)

温度が 25℃ のプロパンを燃料とする熱風発生装置がある。空気比 1.2 で完全燃焼させた後、25℃ の空気と混合して 300℃ の熱風を発生させている。プロパンの低発熱量は  $91.15 \text{ MJ/m}^3_{\text{N-f}}$  であるとし、燃焼ガスと空気の平均定圧比熱はいずれも  $1.38 \text{ kJ}/(\text{m}^3_{\text{N}}\text{K})$  とする。また、放熱損失及び空気中の水蒸気は無視できるものとする。なお、燃焼用空気中の酸素の体積割合は 21% とし、 $\text{m}^3_{\text{N}}$  は標準状態 (0℃、1 気圧) における気体の体積、 $\text{m}^3_{\text{N-f}}$  は標準状態における気体燃料の単位体積当たりであることを示す。

1) 燃焼反応式によるプロパンの完全燃焼に必要な理論空気量の計算

プロパンを完全燃焼させるときの反応式は次のようになる。



完全燃焼するときの理論空気量  $V_{\text{A}0}$  は、プロパン  $1 \text{ m}^3_{\text{N}}$  に対する理論酸素量  $V_{\text{O}_20}$  が反応式より分かるので、空気中の酸素の体積割合から次のように求められる。

$$V_{\text{A}0} = \text{  } \text{  } [\text{m}^3_{\text{N}}/\text{m}^3_{\text{N-f}}] \dots\dots\dots \text{  } \quad \text{①}$$

<  ~  の解答群 >

- |     |                  |     |                  |     |                  |
|-----|------------------|-----|------------------|-----|------------------|
| ア 2 | イ $2\frac{1}{2}$ | ウ 3 | エ $3\frac{1}{2}$ | オ 4 | カ $4\frac{1}{2}$ |
| キ 5 | ク $5\frac{1}{2}$ | ケ 6 |                  |     |                  |



2) プロパンが空気比  $\alpha = 1.2$  で完全燃焼している場合の計算

i) 実際の空気量及び燃焼ガス量の計算

空気比 1.2 が与えられているので、式①より、実際の空気量  $V_A$  は次のように求められる。

$$V_A = \boxed{\text{B} \mid \text{ab.c}} \text{ [m}^3\text{N/m}^3\text{N-f]} \dots\dots\dots \text{②}$$

一方、燃焼ガス量については、プロパン  $1 \text{ m}^3\text{N}$  の完全燃焼による生成物の量が反応式より分かり、式①及び式②により  $V_{A0}$  及び  $V_A$  が求められているので、湿り燃焼ガス量  $V_{G_w}$  は次のように求められる。

$$V_{G_w} = \boxed{\text{C} \mid \text{ab.c}} \text{ [m}^3\text{N/m}^3\text{N-f]} \dots\dots\dots \text{③}$$

また、乾き燃焼ガス量  $V_{G_d}$  は、 $V_{G_w}$  から  $\text{H}_2\text{O}$  分を差し引いて、次のように求められる。

$$V_{G_d} = \boxed{\text{D} \mid \text{ab.c}} \text{ [m}^3\text{N/m}^3\text{N-f]} \dots\dots\dots \text{④}$$

ii) 混合空気量の計算

プロパン  $1 \text{ m}^3\text{N}$  が燃焼することによる発熱量と、それによる熱風の温度上昇より、得られた熱風の量は  $\boxed{\text{E} \mid \text{abc}} \text{ [m}^3\text{N/m}^3\text{N-f]}$  と求められる。

また、燃焼ガスと混合された空気量は  $\boxed{\text{F} \mid \text{abc}} \text{ [m}^3\text{N/m}^3\text{N-f]}$  である。

問題 10 は次の頁に続く

3) 不完全燃焼が起こった場合の計算

ここで、ダンパの不具合によって燃焼用空気の量が減少し、燃料は全て燃焼したが、不完全燃焼によりCOが発生した。燃焼ガスの組成分析を行ったところ、その発生量は、乾き燃焼ガス中のCOの体積割合を(CO)、O<sub>2</sub>の体積割合を(O<sub>2</sub>)で表すと、(CO) = 0.01、(O<sub>2</sub>) = 0.027であった。これらより、このときの空気比  $\alpha'$  を求める。なお、不完全燃焼時の湿り燃焼ガス量を  $V'_{G_w}$ 、乾き燃焼ガス量を  $V'_{G_D}$ 、燃焼ガス中の酸素量を  $V'_{G_{O_2}}$ 、窒素量を  $V'_{G_{N_2}}$ 、CO量を  $V'_{G_{CO}}$ 、CO<sub>2</sub>量を  $V'_{G_{CO_2}}$  とする。

i) (CO) は次式で表される。

$$(CO) = \boxed{4} \dots\dots\dots ⑤$$

ii) 不完全燃焼のために使用されなかったO<sub>2</sub>量を  $V'_{O_2}$  とすると、 $V'_{O_2}$  は、 $V'_{G_{CO}}$  を用いて次式で表すことができる。

$$V'_{O_2} = \boxed{5} \times V'_{G_{CO}} \dots\dots\dots ⑥$$

<  $\boxed{4}$  及び  $\boxed{5}$  の解答群 >

- |                                  |                                      |                                  |                                  |
|----------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| ア $\frac{1}{2}$                  | イ 1                                  | ウ 2                              | エ 4                              |
| オ $\frac{V'_{G_{CO}}}{V_{O_20}}$ | カ $\frac{V'_{G_{CO}}}{V'_{G_{O_2}}}$ | キ $\frac{V'_{G_{CO}}}{V'_{G_D}}$ | ク $\frac{V'_{G_{CO}}}{V'_{G_w}}$ |

iii) 仮に空気比  $\alpha'$  で完全燃焼したとした場合の燃焼ガス中に含まれる酸素量は、式 6 と表される。これより過剰空気中に含まれていた  $N_2$  量が求められ、これと実際の排ガス中の  $N_2$  量とのバランスから、空気比  $\alpha'$  は式 7 と表される。この式は、乾き燃焼ガス中の  $N_2$ 、 $O_2$ 、 $CO$  の体積割合 ( $N_2$ )、( $O_2$ )、( $CO$ ) だけで表すことができ、( $N_2$ ) = 0.79 と近似すれば、空気比  $\alpha'$  は G a.bc と求められる。

< 6 及び 7 の解答群 >

ア  $V'_{G_{O_2}} - V'_{O_2}$

イ  $V'_{G_{O_2}} - V_{O_20}$

ウ  $V'_{G_{O_2}} - (\alpha' - 1) V'_{O_2}$

エ  $V'_{G_{O_2}} - (\alpha' - 1) V_{O_20}$

オ 
$$\frac{V'_{G_{N_2}}}{V'_{G_{N_2}} - \frac{0.21}{0.79} (V'_{G_{O_2}} - 0.5 V'_{G_{CO}})}$$

カ 
$$\frac{V'_{G_{N_2}}}{V'_{G_{N_2}} - \frac{0.79}{0.21} (V'_{G_{O_2}} - 0.5 V'_{G_{CO}})}$$

キ 
$$\frac{V'_{G_{N_2}}}{V'_{G_{N_2}} - \frac{0.21}{0.79} (V'_{G_{O_2}} - V'_{G_{CO}})}$$

ク 
$$\frac{V'_{G_{N_2}}}{V'_{G_{N_2}} - \frac{0.79}{0.21} (V'_{G_{O_2}} - V'_{G_{CO}})}$$

iv) 仮に空気比  $\alpha'$  で完全燃焼したとした場合の湿り燃焼ガス量  $V'_{G_w}$  は、H ab.c [ $m^3_N/m^3_{N-f}$ ] と求められる。実際には不完全燃焼が起こったので、そのときの湿り燃焼ガス量  $V'_{G_w}$  は、厳密には  $V'_{G_w}$  よりも 8 だけ大きい、その差は小さい。

< 8 の解答群 >

ア  $V'_{O_2}$

イ  $V'_{G_{O_2}}$

ウ  $V'_{G_{CO}}$

エ  $2V'_{G_{CO}}$

(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、解答群の字句等（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 <sup>d</sup>
---	----------------------

 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。なお、下位の桁の値が「0」となる場合にも0を塗りつぶすこと。  
また、計算を伴う解答の場合は次の(1)～(3)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、解答すべき数値を求める過程の計算においても、必要となる桁数には十分配慮し、「解答として最後に四捨五入した数値」が、「解答が求める最小位まで有効な値」となるようにすること。

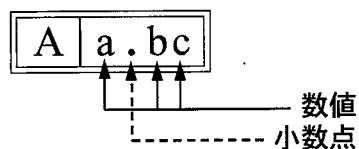
(2) 既に解答した数値を用いて次の問題以降の計算を行う場合も、必要に応じて四捨五入後の数値ではなく、四捨五入前の数値を用いて計算することなど、(1)の計算条件を満足すること。

(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、(1)の「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。」の計算条件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)

6.795...  
 ↓ 四捨五入  
 6.80

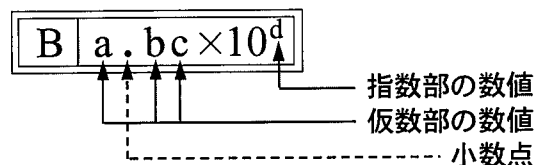
(解答)

「680」を塗りつぶす ⇒

A		
a	b	c
0	●	●
①	①	①
②	②	②
③	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<sup>2</sup>  
 ↓ 四捨五入  
 9.18 × 10<sup>2</sup>

(解答)

「9182」を塗りつぶす ⇒

B			
a	b	c	d
0	0	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