

熱 分 野  
専 門 区 分

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  
問題 10 燃焼計算

1～ 4 ページ  
5～ 7 ページ

I 不正行為への対処

不正行為には厳正に対処する。以下の行為を行った場合は、試験会場から退出させ、全課目の試験結果を無効とする。

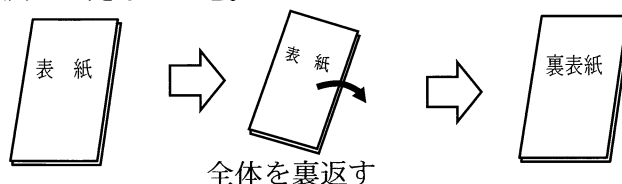
- |                         |                         |
|-------------------------|-------------------------|
| ①電子機器、通信機能付機器、使用禁止電卓の使用 | ②本・ノート、メモ等を見る。          |
| ③他の受験者の答案を見る。           | ④他の受験者と物品の貸し借りを行う。      |
| ⑤試験開始の合図の前に試験問題を見る。     | ⑥試験終了の合図にもかかわらず、解答を続ける。 |

なお、①、②については、対象物を、机の上、机の棚板に置いている、手に持っている、身につけている、その他しまわずに利用可能な状態になっている場合は、不正行為を行ったものとみなす。

II 試験中における注意事項

1. 受験票は、机の上の見やすい位置に、常に置いておくこと。
2. 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。
7. 以下の場合には、監督員に挙手合図をすること。  
・体調不良 ・水分補給が必要 ・トイレに行きたい

注意事項は、裏表紙に続くので、この問題冊子全体を裏返して必ず読むこと。  
その際、冊子の中は決して見ないこと。



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) 燃料中の主な可燃成分は炭素C及び水素Hであり、その成分比はモル比H/Cを用いて表される。

1) 各種燃料のH/Cは石炭が0.8程度と最も小さく、石油系液体燃料が  程度であるのに対して、メタンは  となっている。また、炭素成分を含まない燃料としての水素は、概念的にはH/Cが極めて大きい特殊な燃料として評価される。

<  及び  の解答群 >

ア 1.8                  イ 3.2                  ウ 4                  エ 4.8

2) 標準大気圧、温度25℃における高発熱量は、kmol当たりでは水素H<sub>2</sub>が286MJ/kmol、メタンは891MJ/kmolである。一方、kg当たりでは、水素は  [MJ/kg]、メタンは  [MJ/kg] となり、H/Cの小さな石炭や石油系液体燃料と比べると高い値を示す。これは、 当たりの発熱量が、水素Hの方が炭素Cよりも大きいことによる。

<  ～  の解答群 >

ア 50                  イ 56                  ウ 74                  エ 143                  オ 286                  カ 572  
キ モル                  ク 質量                  ケ 体積

3) 燃焼によって、炭素からは二酸化炭素が発生し、水素からは水が発生する。そのうち、二酸化炭素は、地球温暖化物質として排出量の制限を受ける物質である。このため、燃料中のH/Cの値はできるだけ  方が望ましいといえる。

<  の解答群 >

ア 大きい                  イ 小さい

4) ある動力システムにおいて、稼働用燃料として石油系液体燃料（H/C比は前述の石油系液体燃料の概略値で高発熱量が45MJ/kg）を使用して、二酸化炭素を排出している。

i) 燃料をメタンに替えたときに、同じ熱量を得るための二酸化炭素の排出量の削減効果を試算する。ここで、二酸化炭素が1 kmol 発生するときの熱量については、石油系液体燃料は、高発熱量とH/Cから約  [MJ] となり、一方、メタンは2) で示した kmol 当たりの発熱量となる。これらから、二酸化炭素の排出量を約  [%] 削減できることが分かる。

＜  及び  の解答群 ＞

|       |       |       |       |      |
|-------|-------|-------|-------|------|
| ア 15  | イ 20  | ウ 30  | エ 35  | オ 45 |
| カ 540 | キ 590 | ク 620 | ケ 710 |      |

ii) さらに、燃料を水素に替えれば、燃焼時点での二酸化炭素の排出量はゼロとなるが、実質的にもゼロと評価されるためには、水素が  由来であることが前提である。

＜  の解答群 ＞

|       |             |      |      |
|-------|-------------|------|------|
| ア メタン | イ 再生可能エネルギー | ウ 重油 | エ 石炭 |
|-------|-------------|------|------|

(2) 内燃機関では、ノックを発生させないための配慮が必要である。

1) ガソリン機関では、燃料とするガソリンのオクタン価が高いほど着火遅れ時間が  、アンチノック性が  。

2) ディーゼル機関では、燃料とする軽油のセタン価が高いほど着火遅れ時間が  、アンチノック性が  。

＜  ～  の解答群 ＞

|      |      |      |      |
|------|------|------|------|
| ア 高い | イ 低い | ウ 長く | エ 短く |
|------|------|------|------|

(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) 完全予混合燃焼ガスバーナは、拡散燃焼ガスバーナと比較して次のような特徴がある。

- ① 燃焼において  が発生しにくい。
- ② 燃焼反応が速く、急速燃焼が可能であるため、燃焼室を小型にすることができる。
- ③  負荷燃焼が可能であるが、逆火に対して十分に配慮する必要がある。

〈  及び  の解答群 〉

ア 輝炎                      イ 不輝炎                      ウ 吹き消え                      エ 高                      オ 低

(2) 油圧噴霧式、流体噴霧式、回転噴霧式の油バーナの中で、負荷変動の大きな小型ボイラ用として最も実績があるのは、 噴霧式油バーナである。また、通風方式として、煙突の通風力のみによるものを  通風といい、その炉内圧力は  圧になる。

〈  ～  の解答群 〉

ア 回転                      イ 油圧                      ウ 流体                      エ 強制  
オ 自然                      カ 誘引                      キ 正                      ク 負

(3) 固体燃料<sup>①</sup>燃焼装置について説明した次の記述のうち、明らかに間違っているものは、6 及び 7 である。

- ① 火格子燃焼装置の形式には、移床式、下込式、散布式、階段式がある。
- ② 微粉炭燃焼装置では、火格子燃焼装置で使用が難しい粘結炭を燃料として使用できる。
- ③ 流動層燃焼装置において、燃焼炉内に石膏<sup>こう</sup>を供給して、燃料の燃焼に伴い発生する硫黄酸化物を石灰石として固定する方法を炉内脱硫という。
- ④ 気泡流動層燃焼装置、循環流動層燃焼装置で、燃焼域の空気流速が大きいのは循環流動層燃焼装置である。
- ⑤ 火格子燃焼装置、微粉炭燃焼装置、流動層燃焼装置で、供給する燃料の粒子径が最も小さいのは微粉炭燃焼装置である。
- ⑥ 火格子燃焼装置、微粉炭燃焼装置、流動層燃焼装置で、燃焼域の空気流速が最も大きいのは火格子燃焼装置である。

＜ 6 及び 7 の解答群 ＞

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

(4) 燃焼排ガス中の酸素を連続測定する自動計測器において、磁気式酸素計は体積磁化率の大きい 8 の影響を無視できる場合に適用できる。

一方、排ガス中の二酸化炭素の分析において、密度法は二酸化炭素の密度が空気のそれよりも 9 ことを利用したものである。

さらに、排ガス中の窒素酸化物の分析において、化学発光方式は、共存する 10 の影響を無視できる場合、又は影響を除去できる場合に適用できる。

＜ 8 ～ 10 の解答群 ＞

|         |       |         |         |
|---------|-------|---------|---------|
| ア アンモニア | イ メタン | ウ 一酸化炭素 | エ 二酸化炭素 |
| オ 一酸化窒素 | カ 水素  | キ 大きい   | ク 小さい   |

(燃焼計算)

問題 10 次の各文章の 1 ～ 9 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。

また、A a.bc ～ J abc 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)

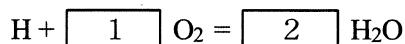
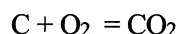
質量組成が炭素 87 %、水素 13 % の重油を完全燃焼している加熱炉があり、排ガス温度は 800 °C である。このとき、燃料及び燃焼用空気は基準温度の 25 °C で供給されている。加熱炉出口において排ガスを分析したところ、乾き排ガス中の CO<sub>2</sub> 濃度は体積割合で 12 % であった。ここで、排ガスの排熱を回収するため空気予熱器を設置し、燃焼用空気の温度を 300 °C まで上昇させることにした。

このとき、次の 1) ～ 4) の計算を行う。

ただし、燃焼用空気の平均定圧比熱は 1.32 kJ/(m<sup>3</sup><sub>N</sub>·K)、湿り燃焼ガスの平均定圧比熱は 1.45 kJ/(m<sup>3</sup><sub>N</sub>·K) で一定とする。また、燃焼用空気中の酸素の体積割合は 21 % とし、単位の m<sup>3</sup><sub>N</sub> は標準状態 (0 °C、1 気圧) における気体の体積、/kg-f は燃料の質量当たりであることを示す。

1) 理論空気量を計算する。

i) 燃料中の炭素及び水素の完全燃焼反応式は次のようになる。



< 1 及び 2 の解答群 >

ア  $\frac{1}{4}$

イ  $\frac{1}{2}$

ウ 1

エ 2

オ 4

ii) これらの反応式より、炭素 1 kg を燃焼させるのに必要な酸素量は 3 [m<sup>3</sup><sub>N</sub>]、水素 1 kg を燃焼させるのに必要な酸素量は 4 [m<sup>3</sup><sub>N</sub>] と求められるため、燃料の理論酸素量  $V_{\text{O}_0}$  は A a.bc [m<sup>3</sup><sub>N</sub>/kg-f] となる。また、燃料の理論空気量  $V_{\text{A}_0}$  は B ab.c [m<sup>3</sup><sub>N</sub>/kg-f] となる。

〈 3 及び 4 の解答群 〉

|                              |                              |                     |                              |                    |
|------------------------------|------------------------------|---------------------|------------------------------|--------------------|
| ア $\frac{22.4}{12 \times 4}$ | イ $\frac{22.4}{12 \times 2}$ | ウ $\frac{22.4}{12}$ | エ $\frac{22.4 \times 2}{12}$ | オ $\frac{22.4}{4}$ |
| カ $\frac{22.4}{2}$           | キ 22.4                       | ク $22.4 \times 2$   |                              |                    |

2) 供給している空気量を計算する。

i) 炭素 1 kg を燃焼させたときに発生する  $\text{CO}_2$  量は 5  $[\text{m}^3_{\text{N}}]$  であるため、燃料 1 kg を完全燃焼させたときに発生する  $\text{CO}_2$  量  $V_{\text{CO}_2}$  は C a.bc  $[\text{m}^3_{\text{N}}/\text{kg-f}]$  となる。

ここで、乾き排ガス中の  $\text{CO}_2$  濃度が 12 % であることから、実際の乾き燃焼ガス量  $V'_G$  は、

D ab.c  $[\text{m}^3_{\text{N}}/\text{kg-f}]$  である。

〈 5 の解答群 〉

|                              |                              |                     |                              |
|------------------------------|------------------------------|---------------------|------------------------------|
| ア $\frac{22.4}{12 \times 4}$ | イ $\frac{22.4}{12 \times 2}$ | ウ $\frac{22.4}{12}$ | エ $\frac{22.4 \times 2}{12}$ |
|------------------------------|------------------------------|---------------------|------------------------------|

ii) 実際の乾き燃焼ガス量  $V'_G$  は、次式で求められる。

$$V'_G = \text{供給空気量} - \boxed{6} + \boxed{7}$$

〈 6 及び 7 の解答群 〉

|                     |                            |                                                |
|---------------------|----------------------------|------------------------------------------------|
| ア $\text{CO}_2$ 生成量 | イ $\text{H}_2\text{O}$ 生成量 | ウ $\text{CO}_2$ 生成量 + $\text{H}_2\text{O}$ 生成量 |
| エ 実際の酸素量            | オ 理論酸素量                    | カ 理論空気量                                        |

iii) 空気比を  $\alpha$  とすれば供給空気量は式 8 で表されるから、実際の乾き燃焼ガス量の値から空気比を計算すると E a.bc となる。これより、燃料を燃焼させるために供給した実際の空気量  $V_A$  は、F ab.c  $[\text{m}^3_{\text{N}}/\text{kg-f}]$  である。

〈 8 の解答群 〉

|                    |                          |                    |                          |
|--------------------|--------------------------|--------------------|--------------------------|
| ア $\alpha V_{A_0}$ | イ $(\alpha - 1) V_{A_0}$ | ウ $\alpha V_{O_0}$ | エ $(\alpha - 1) V_{O_0}$ |
|--------------------|--------------------------|--------------------|--------------------------|

問題 10 は次の頁に続く

3) 実際の湿り燃焼ガス量を計算する。

i) 水素 1kg を燃焼させたときに発生する  $\text{H}_2\text{O}$  量は  [ $\text{m}^3_{\text{N}}$ ] であるため、燃料 1kg を完全燃焼させたときに発生する  $\text{H}_2\text{O}$  量  $V_{\text{H}_2\text{O}}$  は   [ $\text{m}^3_{\text{N}}/\text{kg-f}$ ] となる。

〈  の解答群 〉

ア  $\frac{22.4}{4}$

イ  $\frac{22.4}{2}$

ウ 22.4

エ  $22.4 \times 2$

ii)  $V'_{\text{G}}$  と  $V_{\text{H}_2\text{O}}$  から、燃料 1kg を完全燃焼させたときに発生する実際の湿り燃焼ガス量  $V_{\text{G}}$  は

[ $\text{m}^3_{\text{N}}/\text{kg-f}$ ] となる。

4) 空気予熱器を設置したときの排ガス温度を計算する。

i) 燃焼用空気を  $300^\circ\text{C}$  まで予熱するのに必要な熱量を燃料 1 kg 当たりで計算すると、燃焼用空気の供給温度が  $25^\circ\text{C}$ 、平均定圧比熱が  $1.32 \text{ kJ}/(\text{m}^3_{\text{N}}\cdot\text{K})$  であることから、  [ $\text{MJ}/\text{kg-f}$ ] となる。

ii) 空気予熱器での熱損失がないとすれば、排ガスの保有熱は空気の予熱に利用した分だけ減少するため、湿り燃焼ガスの平均定圧比熱が  $1.45 \text{ kJ}/(\text{m}^3_{\text{N}}\cdot\text{K})$  であることから、排ガス温度は  $800^\circ\text{C}$  から   [ $^\circ\text{C}$ ] まで低下する。

(空 白)

(空 白)

(空 白)

(表紙からの続き)

### Ⅲ 試験中に使用する物品・機器に関する注意事項

1. 試験中、机の上に置いてよいのは以下のものとする。それ以外のものは鞆等にしまい、鞆の口を閉めておくこと。机の棚板や衣服のポケットにはしまわないこと。  
受験票、HBの鉛筆又はシャープペンシル、鉛筆削、替芯、プラスチック製消しゴム、時計、電卓1台（使用禁止ではないもの）、眼鏡、拡大鏡
2. 試験中、携帯電話、スマートフォン、PC、タブレット端末、スマートウォッチ、電子ルーペ等の電子機器・通信機器の使用は禁止する。
3. 通信機能を有する全ての機器（時計、眼鏡、補聴器等を含む）は、試験中は使用を禁止する。通信機能を有する機器を使用できないことによる事態には一切配慮しない。通信機能を有しない代替品、例えば、スマートウォッチの代わりに時計機能のみの時計を使用すること。
4. 使用禁止電卓は、関数電卓、携帯電話などの電卓機能、数式等が記憶できるもの、プログラム機能を有するものである。

### Ⅳ 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> |
|---|----------------------|

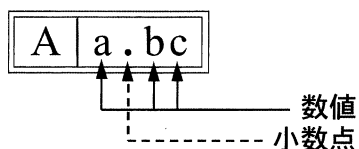
などは、計算結果などの数値を解答する設問である。a,b,c,dなどのアルファベットごとに該当する数字「①,②,③,④,⑤,⑥,⑦,⑧,⑨」（ただし、aは①以外とする）を塗りつぶすこと。なお、下位の桁の値が「0」となる場合にも①を塗りつぶすこと。

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 $\pi=3.1415\cdots$ 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)

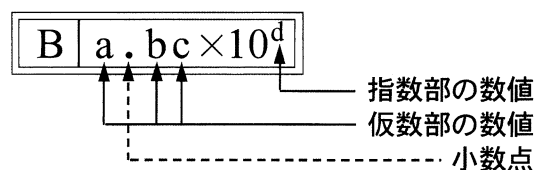
「680」を  
塗りつぶす



| A |   |   |   |
|---|---|---|---|
| a | b | c |   |
| 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 |
| 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 |   |