



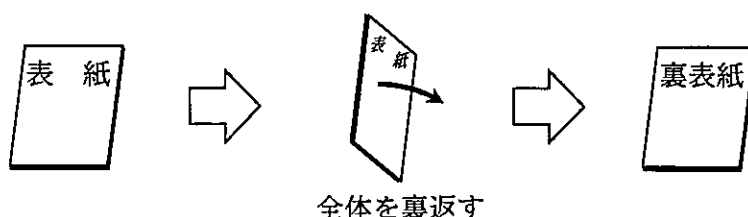
試験時間 16:10~17:30 (80分)

### 課目Ⅲ 燃料と燃焼

問題 8, 9	燃料及び燃焼管理	1~4ページ
問題 10	燃焼計算	5~8ページ

※試験開始の指示があるまで開いてはいけません。  
※問題の内容に関する質問にはお答えできません。

- 答案用紙には、**氏名**、**生年月日**、**研修地**、**研修番号**を記入すること。
- 答案用紙は、解答未記入の場合も提出すること。
- 答案用紙は1枚で、あらかじめ解答欄が設けてある。設問に対応する解答欄に、該当する記号を記入すること。
- 試験終了後、問題冊子は持ち帰ること。
- 問題の解答上の注意は、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。



(表紙)

(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。

(1) 水素、一酸化炭素、メタン、エタン、プロパンの気体燃料について、単位体積当たりの高発熱量の値を比較した場合、最も大きいのは  であり、次に大きいのは  である。また、単位質量当たりの高発熱量の値を比較した場合、最も大きいのは  であり、最も小さいのは  である。

<  ~  の解答群 >

- |         |        |       |
|---------|--------|-------|
| ア エタン   | イ プロパン | ウ メタン |
| エ 一酸化炭素 | オ 水素   |       |

(2) 層流予混合火炎について考える。

1) 層流予混合火炎において、燃焼速度は火炎面前方（上流）の  の速度に相対的な火炎伝播速度のことをいい、単位面積の火炎面が単位時間に消費する未燃混合気の  と考えることもできる。

<  及び  の解答群 >

- |        |         |      |
|--------|---------|------|
| ア 体積   | イ 長さ    | ウ 面積 |
| エ 燃焼ガス | オ 未燃混合気 |      |

2) 層流燃焼速度の測定法として、スロットバーナ法、ブンゼンバーナ法などがある。

i) スロットバーナ法において、火炎の流れ模様は図のようになり、未燃混合気の手元速度  $U_0$  と、流線と火炎面のなす角  $\alpha$  を測定すれば、その燃焼速度  $S_b$  は、 $S_b = \text{}$  で求められる。

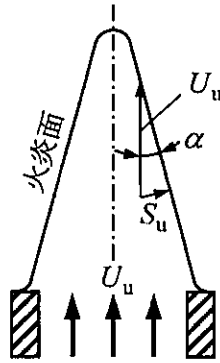


図 スロットバーナ火炎の流れ模様

< 7 の解答群 >

- ア  $U_u \times \sin \alpha$                       イ  $U_u \times \cos \alpha$                       ウ  $U_u \times \tan \alpha$

ii) プンゼンバーナ法においては、未燃混合気の体積流量を  $V_u$ 、火炎を軸回転面として火炎写真から計算した火炎面積を  $A_f$  として、燃焼速度  $S_u$  を  $S_u =$  8 と決定できる。

< 8 の解答群 >

- ア  $V_u \times A_f$                       イ  $\frac{V_u}{A_f}$                       ウ  $\frac{V_u^2}{A_f}$                       エ  $\frac{\sqrt{V_u}}{A_f}$

(3) 燃料試験法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、9 及び 10 である。

- ① ユンカーズ式流水形熱量計により測定される発熱量は、高発熱量である。
- ② 石油製品の密度は、通常 20℃ における値で表示する。
- ③ 原油及び石油製品の流動点試験方法においては、流動点 0℃ を基点として 2.5℃ の整数倍で表す。
- ④ コークスの工業分析方法においては、揮発分、固定炭素及び全硫黄分を無水ベースで表す。
- ⑤ 石炭の膨張性は、るつば膨張指数として表す。

< 9 及び 10 の解答群 >

- ア ①                      イ ②                      ウ ③                      エ ④                      オ ⑤

(燃料及び燃焼管理)

問題9 次の各文章の [ 1 ] ~ [ 10 ] 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。

- (1) 気体燃料の燃焼装置において、[ 1 ] 燃焼式バーナは、外部混合燃焼式バーナともいう。気体燃料の燃焼火炎と液体燃料の燃焼火炎の火炎放射率を比較すると、一般には、気体燃料の方が [ 2 ]、その値は [ 3 ] 程度である。気体燃料の燃焼火炎の火炎放射率を液体燃料と同程度にするために、[ 4 ] ガスバーナが開発されている。

< [ 1 ] ~ [ 4 ] の解答群 >

- |               |               |               |       |
|---------------|---------------|---------------|-------|
| ア 0.15 ~ 0.25 | イ 0.50 ~ 0.60 | ウ 0.90 ~ 0.99 | エ 拡散  |
| オ 完全予混合       | カ 部分予混合       | キ 輝炎          | ケ 不輝炎 |
| コ 高く          | サ 低く          |               |       |

- (2) 液体燃料の燃焼装置において、油圧噴霧式、流体噴霧式、回転噴霧式の中で、霧化の特性が最も劣るのは、[ 5 ] 噴霧式バーナであり、霧化を良くするために油の粘度を [ 6 ] する必要がある。また、最も広範囲の容量で用いられるのは、[ 7 ] 噴霧式バーナである。

流体噴霧式バーナは、高圧気流式と低圧気流式に分けられ、低圧気流式バーナの噴霧流体には、主に [ 8 ] を用いる。

< [ 5 ] ~ [ 8 ] の解答群 >

- |      |      |      |      |
|------|------|------|------|
| ア 回転 | イ 油圧 | ウ 流体 | エ 空気 |
| オ 蒸気 | カ 窒素 | キ 高く | ケ 低く |

(3) 燃焼装置の火炎の検出には、可視光線、赤外線、紫外線などの感光センサが用いられる。

9 は火炎の化学反応によってのみ放出されることから、これを用いた感光センサは誤作動が少ないとされる。10 を用いた感光センサは、高温炉壁からの熱放射と火炎から放出されたものを区別するため、変動するもののみ感知している。

〈 9 及び 10 の解答群 〉

ア 可視光線

イ 紫外線

ウ 赤外線

(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。

燃料として重油を用いて、空気比  $\alpha_1 = 1.3$  で完全燃焼している燃焼設備がある。ここで、重油の質量組成は炭素  $c = 0.86 \text{ kg/kg-f}$ 、水素  $h = 0.14 \text{ kg/kg-f}$  (燃料の質量を  $\text{kg-f}$  と表記する) である。バーナを更新することにより、より低い空気比での完全燃焼が期待されたので、バーナ更新後に燃焼排ガス中の成分濃度を監視しながら、空気比を低下させて燃焼試験を実施した。その結果、乾き燃焼排ガス中の  $\text{CO}_2$  の体積割合が 12.5% (これを  $(\text{CO}_2) = 0.125$  と表記する) となる空気比条件の下でも完全燃焼が確保できることが分かった。

そこで、今後はこの空気比条件を管理標準として運転することにしたが、運転空気比の変更により、燃料単位質量当たりの燃焼排ガスの保有熱量がどれほど変化するかを評価しておく。ただし、運転空気比を変更しても、燃焼排ガスの温度及び定圧比熱の値は一定であるとする。また、燃焼用空気中の酸素 ( $\text{O}_2$ ) の体積割合は 0.21 で、残りは窒素 ( $\text{N}_2$ ) とする。気体の体積は、いずれも標準状態 ( $0^\circ\text{C}$ 、1 気圧) における体積 ( $\text{m}^3_{\text{N}}$  と表記する) で表す。

1) 重油の燃焼における理論空気量、生成ガス量を計算する。

i) 重油の成分である炭素 (C) と水素 (H) のそれぞれについての完全燃焼の反応式は、式①及び式②で表される。



<  及び  の解答群 >

- ア  $\frac{1}{4}$       イ  $\frac{1}{2}$       ウ 1      エ  $\frac{3}{2}$       オ 2      カ  $\frac{5}{2}$

ii) 式①及び②より、炭素 1 kg を燃焼させるのに必要な酸素量は  [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  [m<sup>3</sup><sub>N</sub>] となる。

<  及び  の解答群 >

ア  $\frac{22.4}{32}$       イ  $\frac{22.4}{16}$       ウ  $\frac{22.4}{12}$       エ  $\frac{22.4}{4}$       オ  $\frac{22.4}{2}$       カ 22.4

iii) これより、この重油 1 kg を完全燃焼するための理論酸素量  $V_{O_2}$  は  [m<sup>3</sup><sub>N</sub>/kg-f]、理論空気量  $V_{A0}$  は  [m<sup>3</sup><sub>N</sub>/kg-f] となる。

iv) 重油 1 kg の燃焼によって生成する CO<sub>2</sub> 量  $V_{CO_2}$  は、式①より、炭素の燃焼に要する理論酸素量と同じ量として求められ、生成する H<sub>2</sub>O 量  $V_{H_2O}$  は  [m<sup>3</sup><sub>N</sub>/kg-f] となる。

<  ~  の解答群 >

ア 0.784      イ 1.57      ウ 2.39      エ 3.14      オ 3.17      カ 4.74  
キ 11.4      ケ 15.1      コ 22.6

2) バーナを更新する前の空気比  $\alpha_1 = 1.3$  で完全燃焼したときの湿り燃焼ガス量を求める。

i) 重油が完全燃焼した後の湿り燃焼ガス量は、

$$\text{湿り燃焼ガス量} = \text{投入空気量} - \boxed{8} + \boxed{9} \dots\dots\dots \textcircled{3}$$

という考え方で求めることができる。

<  $\boxed{8}$  及び  $\boxed{9}$  の解答群 >

- |                        |                        |   |
|------------------------|------------------------|---|
| ア CO <sub>2</sub> の生成量 | イ H <sub>2</sub> Oの生成量 | ウ CO <sub>2</sub> の生成量 + H <sub>2</sub> Oの生成量 |
| エ 過剰空気量                | オ 過剰酸素量                | カ 理論空気量      キ 理論酸素量                          |

ii) 式③は、1) で求めた結果と  $\alpha_1 = 1.3$  を用いれば計算でき、重油 1kg を完全燃焼したときの湿り燃焼ガス量  $V_{G1}$  は  $\boxed{10}$  [m<sup>3</sup>/kg-f] となり、乾き燃焼ガス量  $V'_{G1}$  は  $\boxed{11}$  [m<sup>3</sup>/kg-f] となる。

<  $\boxed{10}$  及び  $\boxed{11}$  の解答群 >

- |        |        |        |        |        |        |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| ア 14.0 | イ 15.6 | ウ 17.7 | エ 19.3 | オ 25.2 | カ 26.8 |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|



3) バーナを更新して運転空気比を変更した後の燃焼ガス量を求める。

変更後の空気比  $\alpha_2$  を計算する。乾き燃焼排ガス中の  $\text{CO}_2$  濃度を  $(\text{CO}_2)$  で表すと、 $(\text{CO}_2)$  は次式で表される。ここで、 $V'_{\text{G}2}$  は空気比を  $\alpha_2$  に変更した後の乾き燃焼ガス量である。

$$(\text{CO}_2) = \frac{V_{\text{CO}_2}}{V'_{\text{G}2}} \dots\dots\dots ④$$

$(\text{CO}_2) = 0.125$  であることから、空気比変更後において重油 1 kg を完全燃焼したときの乾き燃焼ガス量  $V'_{\text{G}2}$  は  [ $\text{m}^3/\text{kg-f}$ ] と求められ、これより、変更後の空気比  $\alpha_2$  は  と計算される。また、空気比を変更しても生成する  $\text{H}_2\text{O}$  の量は変わらないから、空気比変更後の湿り燃焼ガス量  $V_{\text{G}2}$  は  [ $\text{m}^3/\text{kg-f}$ ] となる。

<  ~  の解答群 >

- ア 1.15      イ 1.20      ウ 1.25      エ 12.8      オ 14.4      カ 15.8  
キ 17.4      ケ 22.0      コ 23.6

4) 運転空気比を変更したことによる湿り燃焼排ガスの保有熱量の変化を評価する。

燃料単位質量当たりの湿り燃焼排ガスの保有熱量について、空気比変更前を  $Q_{\text{L}1}$ 、空気比変更後を  $Q_{\text{L}2}$  とする。運転空気比を変更しても、燃焼排ガス温度及び定圧比熱の値が一定であることから、保有熱量の比を  $\frac{Q_{\text{L}2}}{Q_{\text{L}1}}$  で表すと、その値は  $\frac{Q_{\text{L}2}}{Q_{\text{L}1}} = \text{input type="text" value="15"}$  となる。

<  の解答群 >

- ア 0.881      イ 0.902      ウ 0.914      エ 0.925

(空 白)

(空 白)

(表紙からの続き)

## ● 解答上の注意

1. 問題は全て、、 … で示す設問番号付きの空欄の中に当てはまる字句等(字句、数値、式、記述、図、グラフ等を含む)を、該当する解答群から選択する形式であり、一つの設問に対する正答は唯一である。概略数値を当てはめる設問で、「約」が付されている場合も正しい値に最も近い値のみを正答とする。
2. 解答用紙の解答欄には、次に示す解答例にならって、正答として選択した字句等に付された「ア」、「イ」、「ウ」…の記号のみを明瞭に記入すること。

解答例；

設問番号	解答欄
1	ア
2	イ
・	・

3. 、 … で示す設問のうち、同じ設問番号付きの空欄が複数箇所ある場合は、同じ設問番号の正答は同じ字句等である。
4. 一つの解答群から同じ字句等を2回以上用いてよい場合は、当該の設問においてその旨が明記されている。
5. 数値計算の結果を解答群から選択する問題においては、下記の「数値計算における正答の導出手順についての留意事項」に従って計算する。

## ● 数値計算における正答の導出手順についての留意事項

1. 原則として十分に大きい有効桁数を確保した値を用いて計算した最終結果の数値を、解答群に示されている数値の最小位の一つ下の位で四捨五入した値を正答とする。
2. 問題文中で与条件として示されている数値については、記載してある位より下の位は「0」であるものとし、十分に有効桁数が確保されているものとして扱う。例えば、2.1 kg の2.1 は、2.100…と考える。
3. すでに解答した数値を用いて次の設問以降の計算を行う場合は、解答群にある四捨五入後の数値を用いるのではなく、選択の根拠とした十分に大きい有効桁数を確保した値を用いる。