



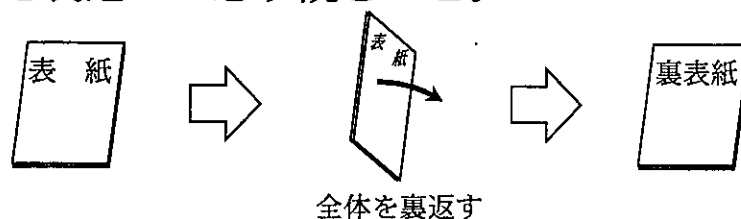
試験時間 16:10～17:30 (80分)

### 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	5～7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、**問題番号**、**生年月日**、**研修地**、**研修番号**を記入すること。
- 答案用紙は、1問題につき1枚を使用すること。
- 答案用紙は、解答未記入の場合も提出すること。
- 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。



(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、解答例にならってその記号を答えよ。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。

( 解答例 17 - セ )

(1) 次の記述は気体燃料について比較したものである。

- 1) 天然ガスは、乾性ガスと湿性ガスとに大別され、 $C_5$  以上の高級炭化水素を含むのは、 ガスである。また、両者の単位体積当たりの高発熱量を比較すると、 。  
天然ガスを常圧、 [°C] 程度に冷却、液化したものを  と呼ぶ。

<  ~  の解答群 >

ア -160      イ -100      ウ -60      エ COG      オ LNG      カ LPG  
キ 乾性      ケ 湿性      コ 乾性ガスの方が高い      サ 湿性ガスの方が高い  
ス 同じである

- 2) 水素、メタン、プロパンの単位体積当たりの理論空気量を比較すると、最も多いのは  で、最も少ないのは  である。

<  及び  の解答群 >

ア プロパン      イ メタン      ウ 水素

(2) 液体燃料において、国内の灯油についてのJISでは1号と2号の2種類に分類され、1号を [ 7 ] 灯油、2号を [ 8 ] 灯油ともいう。両者において、精製度が高いのは [ 9 ] 灯油であり、燃料電池用の硫黄分は質量分率で [ 10 ] [ppm] 以下とされている。煙点は、値が [ 11 ] ほどすすは出にくく、その規定があるのは [ 12 ] 灯油である。

< [ 7 ] ~ [ 12 ] の解答群 >

ア 10                      イ 80                      ウ 100                      エ 黒                      オ 白                      カ 茶  
キ 大きい                      ケ 小さい

(3) JISにおいては、燃料の発熱量の測定において、気体燃料の発熱量は [ 13 ] 熱量計を、液体燃料の発熱量は [ 14 ] 熱量計、又はそれと同等以上の性能を持つ燃研式自動熱量計を用いて測定する方法が示されている。

< [ 13 ] 及び [ 14 ] の解答群 >

ア ポンプ式自動    イ ポンプ式断熱  
ウ ユンカース式流水形    エ 改良形燃研式ボンベ形

(4) 円管から静止大気中に鉛直上方向に燃料を噴出して、自由噴流拡散火炎を形成させたときの火炎の形状と長さ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、 [ 15 ] 及び [ 16 ] である。

- ① 層流火炎での火炎長さは、燃料流速に比例する。
- ② 層流火炎での火炎長さは、バーナ口径の2乗に比例する。
- ③ 層流火炎での火炎長さは、燃料の拡散係数に比例する。
- ④ 乱流火炎での火炎長さは、燃料流速に比例する。
- ⑤ 乱流火炎での火炎長さは、バーナ口径に比例する。

< [ 15 ] 及び [ 16 ] 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 ] ~ [ 16 ] 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、解答例にならってその記号を答えよ。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。

( 解答例 17 - セ )

(1) 燃料の燃焼に基づくばいじんの主なものは、灰分と未燃炭素である。

1) 微粉炭燃焼ボイラ、重・原油燃焼ボイラ、ガス燃焼ボイラそれぞれで発生するばいじん量を比較すると、最も生成量が多いのは、[ 1 ] 燃焼ボイラであり、最も生成量が少ないのは、[ 2 ] 燃焼ボイラである。

< [ 1 ] 及び [ 2 ] の解答群 >

ア ガス                      イ 重・原油                      ウ 微粉炭

2) 未燃炭素は、一般的に燃料の炭素・水素 (C/H) 比が [ 3 ] ほど生成しやすい。亜炭、軽質燃料油、タールの中で最も未燃炭素を生成しやすいのは、[ 4 ] である。重・原油燃焼の未燃炭素は、気相析出形と残炭形に分けられ、粒子径を比較すると [ 5 ] の方が大きく、それぞれの粒子径は、気相析出形で [ 6 ] [ $\mu\text{m}$ ] 程度、残炭形で [ 7 ] [ $\mu\text{m}$ ] 程度である。

< [ 3 ] ~ [ 7 ] の解答群 >

ア 0.02 ~ 0.05              イ 10 ~ 300              ウ 800 ~ 1000              エ 1200 ~ 1500  
オ タール                      カ 亜炭                      キ 軽質燃料油              ケ 気相析出形  
コ 残炭形                      サ 大きい                      ス 小さい

(2) 燃焼の過程で生成される窒素酸化物 (NOx) は、一般にサーマル NOx とフューエル NOx に分けられ、このうち生成機構がゼルドヴィッチ機構と関連付けられるのは、 NOx である。

NOx の抑制対策として、燃焼温度を  すること、また高温域でのガスの滞留時間を  することなどがある。

<  ~  の解答群 >

ア サーマル      イ フューエル      ウ 高く      エ 低く      オ 長く      カ 短く

(3) 液体燃料燃焼装置の燃焼方式は、大きくは蒸発燃焼式と噴霧式に分けられ、噴霧式はさらに油圧噴霧式、流体噴霧式 (高圧気流、低圧気流) 及び回転噴霧式に分けられる。これらのうちの蒸発燃焼式、油圧噴霧式及び低圧気流形流体噴霧式について比較すると、最大油量が最も大きいのは、 式であり、最も小さいのは、 式である。また、油量を定格値に対して最も絞ることができるのは、 式である。さらに、重油の燃焼に適さないのは、 式である。

<  ~  の解答群 >

ア 蒸発燃焼                      イ 低圧気流形流体噴霧                      ウ 油圧噴霧

(4) 流動層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、 及び  である。

- ① 運転中の層温度は、一般に 800 ~ 950℃ 程度である。
- ② 気泡型と循環型の炉の高さを比較すると、一般に循環型の方が高い。
- ③ 気泡型と循環型の流動媒体の粒径を比較すると、一般に循環型の方が大きい。
- ④ 気泡型と循環型の空気流速を比較すると、一般に循環型の方が速い。
- ⑤ 窒素含有量の多い下水汚泥を燃焼させたとき、燃焼温度を高くすると N<sub>2</sub>O の濃度が高くなる傾向にある。

<  及び  の解答群 >

ア ①                      イ ②                      ウ ③                      エ ④                      オ ⑤

(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、解答例にならってその記号を答えよ。

また、 ~  に当てはまる数値を解答例にならって答えよ。ただし、 ~  については、当てはまる数値を計算し、必ず計算の過程を記述した上で、その結果を有効数字 3 桁で答えよ。なお、 ~  は複数箇所あるが、それぞれ同じ数値が入る。

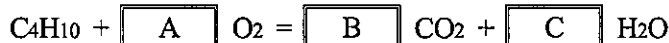
解答例  $\left. \begin{array}{l} 4 - \text{I} \\ \text{L} - 1 \\ \text{M} - 2.34 \end{array} \right\}$

ブタンガスを燃焼する設備がある。燃焼排ガスの成分濃度を監視することによって運転空気比を調整するために、所定の空気比で燃焼したときの燃焼排ガス中の酸素濃度の値を算定する。次に、燃料をブタンガスからブタンと水素の混合ガスに変更した場合に、CO<sub>2</sub> 排出量がどれほど減少するか計算する。

ただし、いずれの場合も燃料は完全燃焼されるものとし、燃焼用空気中の O<sub>2</sub> の体積割合は 0.21 (21 vol%) であり、残りは N<sub>2</sub> とする。なお、気体の体積は標準状態の下での体積 (単位記号を m<sup>3</sup><sub>N</sub> と表記する) とし、いずれの気体も、その 1 kmol は 22.4 m<sup>3</sup><sub>N</sub> とする。

1) ブタンが、ある所定の空気比で完全燃焼したときの排ガス中の酸素濃度の値を算定する。

i) ブタン (C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>) の完全燃焼の反応式は次式で表される。



すなわち、C<sub>4</sub>H<sub>10</sub> の単位体積当たりについて (これを /m<sup>3</sup><sub>N-B</sub> と表記する)、CO<sub>2</sub> の生成量  $V_{\text{CO}_2}$  は  $V_{\text{CO}_2} = \text{B} [\text{m}^3/\text{m}^3_{\text{N-B}}]$ 、H<sub>2</sub>O の生成量  $V_{\text{H}_2\text{O}}$  は  $V_{\text{H}_2\text{O}} = \text{C} [\text{m}^3/\text{m}^3_{\text{N-B}}]$  であるから、完全燃焼に必要な O<sub>2</sub> の量 (理論酸素量)  $V_{\text{O}_{20}}$  は  $V_{\text{O}_{20}} = \text{A} [\text{m}^3/\text{m}^3_{\text{N-B}}]$  となる。

したがって、理論空気量  $V_{\text{A}_0}$  を計算すると、 $V_{\text{A}_0} = \text{D} [\text{m}^3/\text{m}^3_{\text{N-B}}]$  である。

ii)  $C_4H_{10}$  を空気比  $\alpha=1.2$  で完全燃焼したとする。燃焼ガスを構成する成分は  $N_2$ 、 $O_2$ 、 $CO_2$ 、 $H_2O$  であり、 $C_4H_{10}$  の単位体積当たりに生成される燃焼ガス中のこれら成分ガスの量は次のようになる。

$N_2$  の量  $V_{N_2}$  は、投入した空気中の  $N_2$  の全てであり、これを計算すると次の値となる。

$$V_{N_2} = \boxed{E} [m^3_N/m^3_{N-B}]$$

燃焼ガス中の  $O_2$  の量  $V_{O_2}$  は、過剰空気量 (すなわち「投入空気量」 - 「理論空気量」) 中の  $O_2$  の量、あるいは換言すれば、投入空気に含まれていた酸素量から理論酸素量を差し引いたものであるから、空気比  $\alpha$  で完全燃焼したときの  $V_{O_2}$  は次式で表される。

$$V_{O_2} = \boxed{1} [m^3_N/m^3_{N-B}]$$

空気比  $\alpha = 1.2$  を代入してこれを計算すると、 $V_{O_2} = \boxed{F} [m^3_N/m^3_{N-B}]$  となる。

燃焼ガス中の  $CO_2$  及び  $H_2O$  の量は、i) で示したように、 $V_{CO_2} = \boxed{B} [m^3_N/m^3_{N-B}]$  及び  $V_{H_2O} = \boxed{C} [m^3_N/m^3_{N-B}]$  である。

<  $\boxed{1}$  の解答群 >

ア  $0.21 \alpha V_{A0}$                       イ  $(\alpha - 0.21) V_{A0}$                       ウ  $0.21 (\alpha - 1) V_{A0}$

iii)  $C_4H_{10}$  の単位体積当たりの燃焼ガス量  $V_G [m^3_N/m^3_{N-B}]$  は、ii) で計算した各成分ガス量の総和として、又は次の式①あるいは式②の考え方から計算することができる。

$$\text{燃焼ガス量} = \text{投入空気量} - \boxed{2} + CO_2 \text{ 生成量} + H_2O \text{ 生成量} \dots\dots\dots \text{①}$$

$$\text{燃焼ガス量} = \text{理論燃焼ガス量} + \boxed{3} \dots\dots\dots \text{②}$$

したがって、いずれかの考え方によって、燃焼ガス量  $V_G$  を計算すると、次の値となる。

$$V_G = \boxed{G} [m^3_N/m^3_{N-B}]$$

<  $\boxed{2}$  及び  $\boxed{3}$  の解答群 >

ア 過剰空気量                      イ 理論空気量                      ウ 理論酸素量

問題 10 は次の頁に続く

iv) 通常、燃焼ガスの成分分析では、燃焼ガスの一部を採取し冷却して採取試料中の水蒸気を除去して分析しており、着目する燃焼ガス成分の分析値は、そのガス成分が乾き燃焼ガス中に占める体積割合で表示される。したがって、 $C_4H_{10}$ を空気比 $\alpha = 1.2$ で完全燃焼したときの乾き燃焼ガス中の酸素の体積割合 ( $O_2$ ) を計算すると、( $O_2$ ) =  $\boxed{H}$  [ $m^3_N/m^3_N$ ]となる。

2) この燃焼設備の燃料を、ブタンから、ブタンと水素の混合ガスに変更した場合に、排出される $CO_2$ 量がどれほど変化するかを計算する。

ここで、混合ガス中の水素の体積割合は0.2 (20 vol%)とし、ブタン専焼及びブタン・水素混焼のいずれの場合も完全燃焼がなされ、燃焼設備に単位時間当たりに投入する燃料の燃焼熱量(単位時間当たりに投入した燃料の体積に燃料の低発熱量を乗じたもの)は燃料を変更する前後で一定とする。また、ブタンの低発熱量は $123 \text{ MJ/m}^3_N$ 、水素の低発熱量は $10.8 \text{ MJ/m}^3_N$ とする。

i) ブタンと水素の混合ガスの低発熱量の値は  $\boxed{I}$  [ $\text{MJ/m}^3_N$ ]となる。単位時間当たりに投入する燃料の燃焼熱量が一定であることから、ブタン専焼のときのブタン投入量を $W_B$  [ $m^3_N/h$ ]、ブタン・水素混焼のときの混合ガスの投入量を $W_M$  [ $m^3_N/h$ ]とすると、

$$\frac{W_M}{W_B} = \boxed{J}$$

となる。

ii) 単位時間当たりに生成される $CO_2$ 量は、単位時間当たりに燃焼される $C_4H_{10}$ の量に比例するから、ブタン専焼のときを基準として、ブタン・水素混焼にしたときの $CO_2$ 排出量の減少割合は  $\boxed{K}$  となる。



(空 白)

(空 白)

(空 白)

(表紙からの続き)

● 解答群からの選択式問題の解答上の注意

□ 1 □、□ 2 □ などの解答は、解答群の字句等 (字句、数値、式、記述、図、グラフ等を含む) から当てはまるものを選択し、対応する記号「ア」、「イ」、「ウ」、「エ」…などを記入すること。

● 計算問題の解答上の注意

1. 問題文中の □ A □、□ B □ などについては、解答の数値を記入すること。その際、以下の条件に従うこと。

(1) 計算の過程の記述を求める問題は、問題ごとにその旨が明記されており、計算結果だけでなく計算の経過も採点対象となるので、必ず答案用紙に計算過程を記述すること。

(2) 有効数字の桁数が指定されている問題については、数値をその桁数で解答すること。また、数値計算を逐次に行う場合、途中の計算過程においては、最終的に求める有効数字桁数より多い桁数で計算し、最後に四捨五入して解答した値が指定された桁数まで有効となるようにすること。

(3) 問題文中で与えられる数値については、記載してある位より下の位は「0」として扱うものとする。

例えば、2.1 kg の 2.1 は、2.100… と考える。

2. □ 1 □、□ 2 □ などの解答のうちで計算を伴うものは、計算結果を基に、解答群の数値から当てはまるものを選択し、対応する記号「ア」、「イ」、「ウ」、「エ」…などを記入すること。なお、問題文中で与えられる数値については、上記 1 の (3)と同様に扱うものとする。