

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)

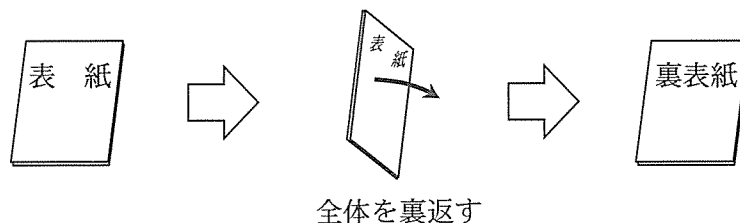
4時限目

問題 8, 9	燃料及び燃焼管理	1～4 ページ
問題 10	燃焼計算	5～6 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。(配点計 30 点)

(1) 液化石油ガスは  と略称され、JIS では、用途や成分組成によっていくつかの種類に分類されている。JIS に規定された種類のそれぞれについて C<sub>3</sub> 成分 (プロパン、プロピレン等) と C<sub>4</sub> 成分 (ブタン、ブチレン等) の組成割合 (モル分率) をみると、。また、JIS では種類ごとに 40℃ における蒸気圧の上限値が規定されており、それらの中での最大値は  [MPa] である。

〈  ～  の解答群 〉

- ア 0.52    イ 1.25    ウ 1.55    エ CNG    オ GTL    カ LNG    キ LPG  
ク C<sub>3</sub> 成分が最大である種類と C<sub>4</sub> 成分が最大である種類がある  
ケ いずれの種類についても C<sub>3</sub> 成分が最大である  
コ いずれの種類についても C<sub>4</sub> 成分が最大である

(2) 重油は、JIS によると、噴霧燃焼における微粒化特性に直接的に影響する  によって 1 種、2 種、3 種の 3 種類に分類されている。1 種重油は、大気汚染や燃焼ガスによる伝熱面腐食の要因になる  によってさらに 2 種類に細分類されている。

重油中の炭素の質量分率を水素の質量分率で除した値 (C/H 比) が小さいほど単位質量当たりの発熱量が 、また密度が  という傾向がある。1 種、2 種、3 種の 3 種類の重油のうち、一般に最も密度が小さいのは、 重油である。

〈  ～  の解答群 〉

- ア 1 種                      イ 2 種                      ウ 3 種                      エ 硫黄分                      オ 窒素分  
カ 残留炭素分              キ 灰分                      ク 動粘度                      ケ 表面張力                      コ 密度  
サ 流動点                      シ 大きい                      ス 小さい

(3) 空気中に浮遊した単一の燃料液滴が燃焼する過程を考える。対流の影響がない場合、液滴の初期直径を $d_0$ 、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 $d$ とすると、液滴の大きさの時間的な変化の大略は次式で表される。

$$\boxed{9} = -C_b t$$

ここで、 $C_b$ は燃焼速度定数と呼ばれる。この式によれば、例えば液滴の初期直径が $\frac{1}{2}$ 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 $\boxed{10}$ になる。

<  $\boxed{9}$  及び  $\boxed{10}$  の解答群 >

ア  $\frac{1}{8}$       イ  $\frac{1}{4}$       ウ  $\frac{1}{2}$       エ  $d - d_0$       オ  $d^2 - d_0^2$       カ  $d^3 - d_0^3$

(4) 気体燃料の拡散燃焼では、運転空気比が $\boxed{11}$ であると、あるいは燃料と燃焼用空気の混合が不良であると、燃料から分解した炭化水素が脱水素や重合反応を経て、直径が $\boxed{12}$ の球形粒子が凝集したすすが生成される。

重質油の噴霧燃焼では、微粒化が不十分であると、あるいは燃料噴霧と燃焼用空気との混合が不良であると、熱分解により燃料微粒子の炭化が進行して $\boxed{13}$ と呼ばれる $\boxed{14}$ の大きさの粒状物質が生成される。

<  $\boxed{11}$  ~  $\boxed{14}$  の解答群 >

ア アシッドスマット      イ アッシュ      ウ セノスフェア  
 エ 過小      オ 過大      カ 数 nm ~ 数十 nm  
 キ 数  $\mu\text{m}$  ~ 数百  $\mu\text{m}$       ク 数 mm ~ 数十 mm

(燃料及び燃焼管理)

問題9 次の各文章の [ 1 ] ~ [ 15 ] 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) 拡散燃焼式バーナは、外部混合燃焼式バーナともいい、その特徴は、逆火の危険が [ 1 ] こと、燃焼量を広範に調節可能であること、すすが発生 [ 2 ] こと、などである。また、バーナの形式としては、[ 3 ] 形と [ 4 ] 形がある。

〈 [ 1 ] ~ [ 4 ] の解答群 〉

ア ノズル                      イ ブンゼン                      ウ ベンチュリ                      エ ポート  
オ ある                      カ ない                      キ しやすい                      ク しにくい

(2) 油圧噴霧式の油バーナは、火炎形状が [ 5 ] である特徴を有する。また、非戻り油式と戻り油式に分けられ、油量調節範囲は [ 6 ] 。

一方、流体噴霧式の油バーナは、高圧気流式と低圧気流式に分けられ、油量調節範囲は [ 7 ] 。  
低圧気流式の霧化用の空気量は、燃焼に必要な空気量の [ 8 ] [%] である。

〈 [ 5 ] ~ [ 8 ] の解答群 〉

ア 5~10                      イ 15~25                      ウ 30~100                      エ 狭角                      オ 広角  
カ 高圧気流式の方が広い                      キ 低圧気流式の方が広い  
ク 高圧気流式、低圧気流式とも同じである                      ケ 戻り油式の方が広い  
コ 非戻り油式の方が広い                      サ 非戻り油式、戻り油式とも同じである

(3) 流動層燃焼方式の固体燃料燃焼装置の運転中の層温度は、通常 [ 9 ] [°C] 程度である。  
気泡方式と循環方式があり、空気流速は [ 10 ] 方式の方が小さく、[ 11 ] [m/s] 程度である。

〈 [ 9 ] ~ [ 11 ] の解答群 〉

ア 1~2                      イ 5~8                      ウ 10~15                      エ 600~750  
オ 800~950                      カ 1000~1150                      キ 気泡                      ク 循環

(4) 燃焼排ガス中の酸素の測定に用いられる磁気式酸素計には、磁気力方式酸素計や磁気風方式酸素計などがあるが、磁気力方式酸素計にはさらに  形と  形がある。

また、燃焼排ガス中の一酸化炭素を非分散赤外線吸収分析計で測定する場合、 と  が干渉ガスとなる。

<  ~  の解答群 >

ア ジルコニア	イ ダンベル	ウ 圧力検出	エ 電極
オ 酸素	カ 水蒸気	キ 窒素	ク 二酸化炭素

(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。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、  ～   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 85 %、水素 12 %、窒素 3 % の燃料を完全燃焼させている加熱炉がある。この燃料の低発熱量は 42.3MJ/kg-f で、燃焼排ガス温度は 500℃ であった。また、燃焼排ガスの成分分析の結果、乾き燃焼排ガス中の CO<sub>2</sub> の体積割合は 11 % であることがわかった。この加熱炉に、燃焼排ガスによる熱損失の低減を目的として空気予熱器を設置したところ、燃焼排ガス温度は 400℃ に低下した。

ここで、燃料中の窒素分は酸素と反応せずに N<sub>2</sub> になるものとし、燃焼用空気中の酸素の体積割合は 0.21 で、残りはすべて窒素とする。また、燃焼用空気と湿り燃焼排ガスの比熱はいずれも一定値で、それぞれ 1.32kJ/(m<sup>3</sup><sub>N</sub>·K)、1.45kJ/(m<sup>3</sup><sub>N</sub>·K) とし、熱勘定の基準温度、燃料の温度及び燃焼用空気の温度は 25℃ とする。なお、単位の m<sup>3</sup><sub>N</sub> は標準状態の気体の体積を示し、kg-f は燃料の質量であることを示す。

1) 理論空気量及び理論燃焼排ガス量の計算

炭素 1 kg を燃焼させたときに発生する CO<sub>2</sub> 量は  [m<sup>3</sup><sub>N</sub>] である。これより、燃料 1 kg を完全燃焼させたときに発生する CO<sub>2</sub> 量は、  [m<sup>3</sup><sub>N</sub>/kg-f] となる。

また、燃料中の炭素の質量割合を  $c$ 、水素の質量割合を  $h$ 、窒素の質量割合を  $n$  とすれば、燃料 1 kg を完全燃焼させるために必要な酸素量は次の式で求められる。

$$\text{2} \times (\text{3} \times c + \text{4} \times h) \text{ [m}^3\text{/kg-f]}$$

これより、燃料 1 kg の燃焼に必要な理論空気量は   [m<sup>3</sup><sub>N</sub>/kg-f] となり、理論乾き燃焼排ガス量は   [m<sup>3</sup><sub>N</sub>/kg-f] となる。また、この中に含まれる窒素の体積は次の式で表せる。

$$\text{5} \times \{ (\text{6} \times c + \text{7} \times h) \times \text{8} + \text{9} \times n \} \text{ [m}^3\text{/kg-f]}$$

〈 1 ~ 9 の解答群 〉

ア	$\frac{1}{32}$	イ	$\frac{1}{28}$	ウ	$\frac{1}{14}$	エ	$\frac{1}{12}$	オ	0.21
カ	$\frac{1}{4}$	キ	$\frac{1}{2}$	ク	1	ケ	$\frac{22.4}{12}$	コ	2
サ	$\frac{79}{21}$	シ	4	ス	$\frac{100}{21}$	セ	12	ソ	22.4

2) 空気比及び実際の燃焼排ガス量の計算

成分分析の結果を利用すれば、乾き燃焼排ガス量は  $\boxed{D \mid ab.c}$  [ $\text{m}^3_{\text{N}}/\text{kg-f}$ ] と求められる。  
 これより、空気比が  $\boxed{E \mid a.bc}$  と求められる。また、湿り燃焼排ガス量は  $\boxed{F \mid ab.c}$  [ $\text{m}^3_{\text{N}}/\text{kg-f}$ ]  
 となる。

3) 空気予熱器による排熱回収の計算

空気予熱器において、湿り燃焼排ガス  $1 \text{ m}^3_{\text{N}}$  から回収される熱量は  $\boxed{G \mid abc}$  [ $\text{kJ}/\text{m}^3_{\text{N}}$ ] である。  
 これに、2) で求めた湿り燃焼排ガス量を乗ずれば、空気予熱器における燃料  $1 \text{ kg}$  当たりの回収  
 熱量  $Q_{\text{R}}$  [ $\text{MJ}/\text{kg-f}$ ] が求められる。この回収熱量がすべて燃焼用空気の温度上昇のために使われた  
 とすれば、燃焼用空気の温度は  $\boxed{H \mid abc}$  [ $^{\circ}\text{C}$ ] になる。

4) 空気予熱器による燃料削減量の計算

加熱炉では、燃料の低発熱量  $H_1$  のうち、被加熱物の加熱に有効利用されなかった熱量が、全て  
 排ガスの顕熱  $Q_{\text{G}}$  [ $\text{MJ}/\text{kg-f}$ ] として排出されるものとする。空気予熱器を設置することによって、  
 その一部を空気の顕熱  $Q_{\text{R}}$  として回収し、直接炉内に投入することになり、燃料の持つ熱の利用  
 効率を高くすることができる。このとき、被加熱物の加熱に有効利用された熱量が同じであった  
 とすれば、使用する燃料を削減することができ、燃料削減率は、次式で表される。

$$\text{燃料削減率} = \boxed{10} \times 100 [\%]$$

この式を用いて計算すると、空気予熱器の設置によって  $\boxed{I \mid a.bc}$  [%] の燃料が削減できる  
 ことが分かる。

〈 10 の解答群 〉

ア	$\frac{Q_{\text{R}}}{H_1}$	イ	$\frac{Q_{\text{R}}}{Q_{\text{G}}}$	ウ	$\frac{Q_{\text{R}}}{H_1 - Q_{\text{G}}}$	エ	$\frac{Q_{\text{R}}}{H_1 - Q_{\text{G}} + Q_{\text{R}}}$
---	----------------------------	---	-------------------------------------	---	---	---	--

(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。

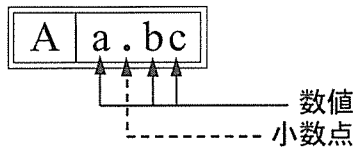
(2) 既に解答した数値を用いて次の問題以降の計算を行う場合も、必要に応じて四捨五入後の数値ではなく、四捨五入前の数値を用いて計算することなど、(1) の計算条件を満足すること。

(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  $\pi = 3.1415\cdots$  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)

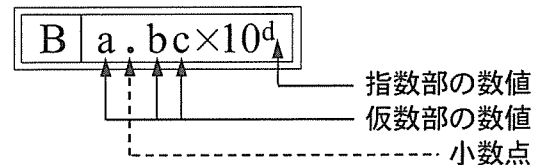
「680」を  
塗りつぶす



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

(裏表紙)