



### 課目Ⅲ 燃料と燃焼

試験時間 16:20～17:40 (80分)

# 4

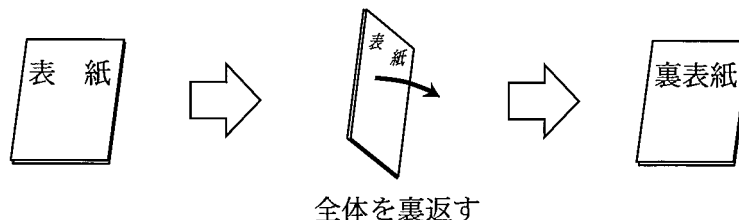
時限目

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、数値又は式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) 一般的な燃料油であるガソリン、軽油、重油、灯油は石油精製によって得られるが、これらの中で沸点の温度域が最も低いのは  であり、沸点の温度域がその次に低いのは  である。

ガソリンと軽油は主として内燃機関向けの燃料として使用されているが、内燃機関ではノックを発生させないための配慮が重要である。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 、ノックを起こしにくい。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 、ノックを起こしにくい。

<  ～  の解答群 >

ア ガソリン      イ 軽油      ウ 重油      エ 灯油      オ 長く      カ 短く

(2) 都市ガス13A、コークス炉ガス(COG)、高炉ガス(BFG)の3種の気体燃料のそれぞれについて、可燃成分のうち成分割合(体積割合)が最大のものは、都市ガス13Aでは 、コークス炉ガス(COG)では 、高炉ガス(BFG)では  である。

都市ガス13Aは、その発熱量がガス事業者の規定する値になるように調整して供給されている。発熱量を増大すべく調整するためには原料ガスに  などが加えられている。

<  ～  の解答群 >

ア H<sub>2</sub>      イ CO      ウ CH<sub>4</sub>      エ C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>      オ C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>

(3) 平行平板間に可燃混合気が満たされているとき、その混合気中を火炎が伝播できる最小の平板間隔を消炎距離（記号 $d_{pm}$ で表す）という。これは、予混合燃焼における逆火防止の観点から重要である。 $d_{pm}$ の値は、予混合気の層流燃焼速度が増すと  し、また、圧力が増すと  する。 $\text{CH}_4$ 、 $\text{C}_3\text{H}_8$ などの炭化水素燃料ガスと空気の常温・常圧の混合気については、 $d_{pm}$ は混合気組成が理論当量比付近で  をとり、その値は  [mm]程度である。

平行平板に代わり、円管内に可燃混合気を満たした場合に火炎が伝播できる最小の内直径を消炎直径（記号 $d_{tm}$ で表す）と呼んでいる。 $d_{pm}$ と $d_{tm}$ の間には、 $\frac{d_{pm}}{d_{tm}}$ が1より  ほぼ一定の値をもつという関係がある。

<  ~  の解答群 >

ア 0.02            イ 0.2            ウ 2            エ 最大値            オ 最小値  
カ 増大            キ 減少            ク 大きい            ケ 小さい

(4) 燃焼ガスの温度は、燃焼前後のエンタルピーバランスに基づいて計算することができる。その際、燃焼ガスが $\text{N}_2$ 、 $\text{O}_2$ 、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{H}_2\text{O}$ などの安定した完全燃焼ガス成分から構成されるとして計算される燃焼ガス温度 $T_{bt}$ 、及びこれらの完全燃焼ガス成分以外にも熱解離した活性ガス成分が化学平衡状態で存在するとして計算される燃焼ガス温度 $T_{be}$ が考えられる。燃焼ガス温度が  [K]程度を超えるようになると、 $T_{bt}$ と $T_{be}$ の差異が明確になり始め、 $T_{bt}$ は $T_{be}$ よりも  なる。

<  及び  の解答群 >

ア 1000            イ 1500            ウ 2000            エ 高く            オ 低く

(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、数値又は記述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) 燃料のみがバーナ内部を通りバーナ先端から出た後で、燃焼用空気と混合して燃焼する  燃焼方式のノズル形バーナには、ノズルの形状によって、比較的高圧のガス用として使用される  形や、低圧のガス用として使用される  形などがある。

<  ～  の解答群 >

- |        |         |         |           |
|--------|---------|---------|-----------|
| ア ブンゼン | イ ベンチュリ | ウ ポート   | エ マルチスパッド |
| オ リング  | カ 拡散    | キ 完全予混合 | ク 部分予混合   |

- (2) 回転式油バーナは、回転力を利用して油を霧化するバーナ方式で、霧化用空気は全燃焼空気量の  [%] 以下、送風圧は  [kPa] 程度である。主な用途として、 の燃焼装置で用いられることが多い。高圧気流式油バーナと比較して油量調節範囲は、 。

<  ～  の解答群 >

- |            |            |         |      |
|------------|------------|---------|------|
| ア 20       | イ 50       | ウ 80    | エ 数  |
| オ 数千       | カ 数万       | キ 大型    | ク 小型 |
| ケ 回転式の方が狭い | コ 回転式の方が広い | サ 変わらない |      |

(3) 微粉炭燃焼装置では、一般に粒子径が  以下 (70～80% 程度) に粉碎された微粉炭を使用する。微粉炭と混合させてバーナに送られる一次空気の量は、一般に理論空気量の  程度であり、また、微粉炭の装置内滞留時間は  秒である。

微粉炭の供給方式として、貯蔵燃焼方式と直接燃焼方式があり、燃焼室の負荷変動に対する応答がより良好なのは  燃焼方式である。

<  ～  の解答群 >

ア 7.4 $\mu$ m      イ 74 $\mu$ m      ウ 740 $\mu$ m      エ 30%      オ 60%      カ 90%  
キ 数              ク 数十              ケ 数百              コ 直接              サ 貯蔵

(4) 燃焼排ガス中の酸素の分析法として、電気化学式酸素計があるが、 方式と  方式がある。

一方、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。

<  ～  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                      カ ジルコニア  
キ ダンベル                      ク 圧力検出                      ケ 電極

(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数値又は式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.bc ~  a.bc 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)

燃料を完全燃焼するためには空気比を1以上とすることが必要であるが、空気比が1以上であっても、燃料と空気の混合が十分でないと、燃料の一部が不完全燃焼となる場合がある。

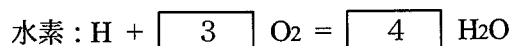
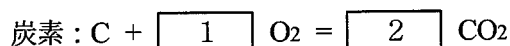
いま、炭素と水素の質量割合が炭素 0.87、水素 0.13 の液体燃料を空気比 1.2 で燃焼させている加熱装置がある。この加熱装置の燃焼が完全燃焼であるときと、炭素の一部が不完全燃焼であるときについて考える。

ただし、燃焼用空気の組成は酸素の体積割合を21%とし、残りは全て窒素とする。また、単位の  $[m^3_N]$  は  $0^\circ\text{C}$ 、1気圧 (101.325kPa) のもとでの気体の体積を表し、 $[m^3_N/\text{kg-f}]$  は、燃料 1kg 当たりについての気体の体積を  $[m^3_N]$  の単位で表している。

1) 燃料が完全燃焼しているときの諸量を求める。

i) 燃料が完全燃焼するときの反応式

この燃料が完全燃焼するときの反応式は、次のように表される。



<  ~  の解答群 >

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

カ  $\frac{5}{2}$                       キ 4                      ク 6

ii) 理論空気量及び理論湿り燃焼ガス量

燃料中の炭素と水素の質量割合は炭素が 0.87、水素が 0.13 なので、この燃料 1kg の中に

含まれる炭素は  $\boxed{5}$  [kmol] である。1 kmol の気体の体積は  $\boxed{6}$  [m<sup>3</sup><sub>N</sub>] であるから、この燃料 1 kg の完全燃焼によって発生する CO<sub>2</sub> 量は、 $\boxed{A}$  a.bc [m<sup>3</sup><sub>N</sub>/kg-f] となる。同様に、この燃料 1 kg の完全燃焼によって発生する H<sub>2</sub>O 量は  $\boxed{B}$  a.bc [m<sup>3</sup><sub>N</sub>/kg-f] となる。

また、この燃料 1 kg が完全燃焼するための理論空気量は  $\boxed{C}$  ab.c [m<sup>3</sup><sub>N</sub>/kg-f] となり、これらから理論空気量で完全燃焼したときに生成する理論湿り燃焼ガス量は、 $\boxed{D}$  ab.c [m<sup>3</sup><sub>N</sub>/kg-f] となる。

<  $\boxed{5}$  及び  $\boxed{6}$  の解答群 >

- ア  $\frac{0.87}{44}$       イ  $\frac{1}{44}$       ウ  $\frac{0.87}{12}$       エ  $\frac{1}{12}$       オ 6.02  
 カ 8.31      キ 22.4

iii) 乾き燃焼ガス量及び O<sub>2</sub> 濃度

燃料が完全燃焼しているので、燃料中の炭素は全て CO<sub>2</sub> となる。また、余剰空気中に含まれる O<sub>2</sub> 量は、理論空気量と空気比 1.2 から  $\boxed{E}$  a.bc × 10<sup>-1</sup> [m<sup>3</sup><sub>N</sub>/kg-f] と求められる。これらに、燃焼用空気中の窒素の体積を加えて、生成する乾き燃焼ガス量は  $\boxed{F}$  ab.c [m<sup>3</sup><sub>N</sub>/kg-f] となる。これより、乾き燃焼ガス中の O<sub>2</sub> の濃度（体積割合）は  $\boxed{G}$  a.bc [%] となる。

2) 燃料中の炭素の一部が不完全燃焼しているときの諸量を求める。

次に、この燃料を同じ空気比 1.2 で燃焼させたときに不完全燃焼が起き、燃料中に含まれる炭素のうち、質量割合でその 10% に相当する分だけが不完全燃焼して CO になったとする。

i) 炭素の 10% が CO となったことから、この燃料 1 kg を不完全燃焼させたときに発生する CO 量は  $\boxed{H}$  a.bc × 10<sup>-1</sup> [m<sup>3</sup><sub>N</sub>/kg-f]、CO<sub>2</sub> 量は  $\boxed{I}$  a.bc [m<sup>3</sup><sub>N</sub>/kg-f] となる。また、O<sub>2</sub> 量は完全燃焼のときの余剰分に加えて、不完全燃焼によって  $\boxed{J}$  a.bc × 10<sup>-2</sup> [m<sup>3</sup><sub>N</sub>/kg-f] だけ残存量が増える。

ii) これより、発生した乾き燃焼ガス量は  $\boxed{K}$  ab.c [m<sup>3</sup><sub>N</sub>/kg-f] となり、これに含まれる O<sub>2</sub> の濃度（体積割合）は  $\boxed{L}$  a.bc [%]、CO の濃度（体積割合）は  $\boxed{M}$  a.bc [%] となる。

(空 白)



(空 白)

(空 白)

(空 白)

(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. 、 などは、解答群の字句、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. 、 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。

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。

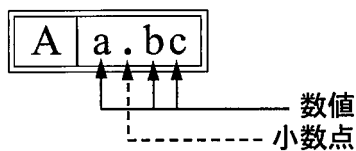
(2) 既に解答した数値を用いて次の問題以降の計算を行う場合も、必要に応じて四捨五入後の数値ではなく、四捨五入前の数値を用いて計算することなど、(1) の計算条件を満足すること。

(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)

6.827.....  
↓ 四捨五入  
6.83

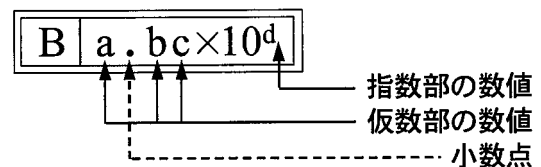
(解答)

「683」を塗りつぶす

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

### 「解答例 2」

(設問)



(計算結果)

$9.183 \times 10^2$   
↓ 四捨五入  
 $9.18 \times 10^2$

(解答)

「9182」を塗りつぶす

B			
a	b	c	d
	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