

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

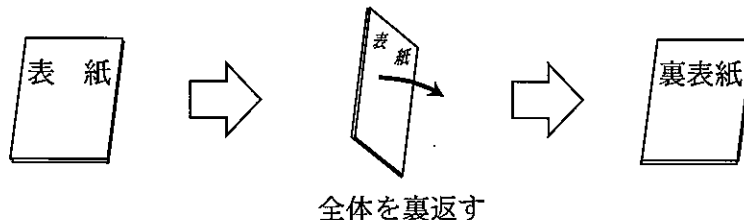
1～4 ページ

5～6 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。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) 液化石油ガスは と略称される。保安上の見地から、JIS では温度 40℃ における蒸気圧の上限値を規定しており、主用途が工業用燃料で C₃ 炭化水素が最大の成分である種類 (2 種 1 号) については、 [MPa] 以下とされている。

液化石油ガスが気化したガスの空気に対する比重は、JIS に規定された種類によってある程度異なるが、ほぼ の範囲であり、建屋内に漏洩した場合には に滞留して引火する危険があることに注意しなければならない。

< ～ の解答群 >

ア 0.26	イ 0.52	ウ 1.55	エ 0.5～0.7	オ 1.5～2.0
カ 2.5～3.0	キ CNG	ク GTL	ケ LNG	コ LPG
サ 高所	シ 低所			

(2) 重油は、JIS では によって 1 種 (A 重油)、2 種 (B 重油)、3 種 (C 重油) の 3 種類に分類され、C 重油はさらに により 1 号、2 号及び 3 号に細分されている。重油を燃焼する設備において、ポンプ送油における過大な圧力損失を軽減すると共に、良好な燃料噴霧を確保するために、一般に、加熱昇温して使用されているのは である。

< ～ の解答群 >

ア 硫黄分	イ 残留炭素分	ウ 動粘度	エ 流動点
オ C 重油	カ B 重油及び C 重油	キ A 重油、B 重油及び C 重油	

(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という。消炎距離は予混合燃焼における逆火防止の観点から重要である。代表的な炭化水素燃料ガスであるCH₄及びC₃H₈の空気との混合気について、0.1MPa、25℃程度の下では、その層流燃焼速度が最大となる混合気濃度の条件において、消炎距離はいずれも [mm] 程度である。

一般に、可燃混合気の層流燃焼速度や圧力が大きくなると消炎距離は 。可燃ガスと空気から成る予混合気の空気に換えて酸素富化空気を使用する場合には、消炎距離が ことに留意すべきである。

< ~ の解答群 >

ア 0.02 イ 0.2 ウ 2 エ 大きくなる オ 小さくなる

(4) すずは、液体燃料噴霧火炎や気体燃料拡散火炎等において、局所的な空気比が過小である、あるいは、燃料と空気の混合が良好でない領域で生成されることが知られている。すずの生成の大略としては、炭化水素の重合等によって巨大な分子が生成され、その表面にさらに炭化水素が析出して直径が の球形粒子に成長する。これらの粒子が凝集して鎖状につながり、すずが生成される。

また、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空気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 と呼ばれる の大きさの粒状物質が生成される。この粒子の生成に対する燃料性状の上での主な影響因子は である。

すずや粒状物質が燃焼室内の伝熱面に堆積することにより伝熱が阻害されることがあるが、その対処方法の一つに がある。

< ~ の解答群 >

ア 数 nm ~ 数十 nm イ 数 μm ~ 数百 μm ウ 数 mm ~ 数十 mm
エ アシッドスマット オ アッシュ カ コーキング
キ スートブロー ク セノスフェア ケ リバーニング
コ 硫黄分 サ 揮発分 シ 残留炭素分
ス 灰分

(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) 拡散燃焼ガスバーナの特徴として、予混合燃焼ガスバーナと比較してすすが発生 こと、予熱空気を ことなどがある。

バーナの種類のうちでノズル形バーナは、ノズルの形状によりガン形、マルチスパッド形、リング形などがある。比較的高圧のガス用バーナに用いられるのは、 である。

< ～ の解答群 >

- | | | | |
|------------|-----------------|---------|----------|
| ア リング形 | イ ガン形とマルチスパッド形 | | |
| ウ ガン形とリング形 | エ マルチスパッド形とリング形 | | |
| オ しやすい | カ しにくい | キ 使用できる | ク 使用できない |

- (2) 液体燃料の燃焼バーナ形式である油圧噴霧式、高圧気流形流体噴霧式、低圧気流形流体噴霧式及び回転噴霧式の中から、①～④の特徴に最もあてはまるものを選択すると、次のようになる。

- ① 比較的狭角の短炎で、主に小型加熱炉に用いられるのは、 噴霧式である。
- ② 広角の火炎で、主に大型ボイラに用いられるのは、 噴霧式である。
- ③ 狭角の長炎で、主に連続加熱炉、セメントキルンなどに用いられるのは、 噴霧式である。
- ④ 霧化用空気は全燃焼空気量の 20% 以下で、送風圧が数 kPa 程度でよいのは、 噴霧式である。

< ～ の解答群 >

- | | | | |
|------|-----------|-----------|------|
| ア 回転 | イ 高圧気流形流体 | ウ 低圧気流形流体 | エ 油圧 |
|------|-----------|-----------|------|

(3) 微粉炭燃焼装置は、火格子燃焼装置と比較して設備費は高くなり、運転動力は なる。

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、燃焼室の負荷変動を容易に調節できるのは、 燃焼方式である。また、微粉炭燃焼装置における微粉炭の火炉内滞留時間は 程度である。燃焼後の灰は、主に として排出される。

< ~ の解答群 >

- | | | | |
|-----------|-----------|--------|--------|
| ア 2～3秒 | イ 20～30秒 | ウ 2～3分 | エ クリンカ |
| オ フライアッシュ | カ ボトムアッシュ | キ 直接 | ク 貯蔵 |
| ケ 大きく | コ 小さく | | |

(4) 排ガス中の酸素の分析において、磁気式酸素計には磁気風方式と磁気力方式があるが、磁気力方式はさらに 形と 形がある。

排ガス中の二酸化炭素の分析において、熱伝導率法は、二酸化炭素の熱伝導率が空気のそれに比べて十分 ことを利用したものである。

< ~ の解答群 >

- | | | | |
|---------|--------|--------|------|
| ア ジルコニア | イ ダンベル | ウ 圧力検出 | エ 電極 |
| オ 大きい | カ 小さい | | |

(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、 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)

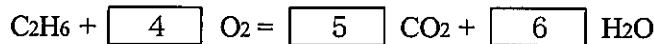
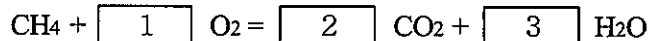
天然ガスを燃料とする燃焼装置がある。この装置において、CO₂ 排出量低減のための改善策としてCO₂ フリーの水素を 20% (体積割合) 混焼させることを考え、改善前後のCO₂ 排出量を比較する。

ここで、m³_N は標準状態における気体の体積を示し、標準状態の燃料の単位体積当たりとして、天然ガスには /m³_{N-n}、水素には /m³_{N-h}、天然ガスと水素の混合燃料には /m³_{N-m} を用いる。

天然ガスの成分組成 (体積割合) は、メタンが 90%、エタンが 10% であるとし、燃焼時の空気比は水素混焼の如何に関わらず 1.3 とする。各燃料の低発熱量について、天然ガスは 38.59 MJ/m³_{N-n}、水素は 10.79 MJ/m³_{N-h} とする。また、燃焼用空気中の酸素の体積割合は 21% とする。

1) 水素を混焼しない場合の理論空気量や燃焼ガス量の計算

メタン、エタンを完全燃焼させるときの反応式は次のようになる。



これより、天然ガス 1m³_N の完全燃焼に必要な理論酸素量 V_{O_2} は次の値となる。

$$V_{\text{O}_2} = \text{ } \text{ a.bc} \text{ [m}^3\text{/m}^3\text{N-n]}$$

V_{O_2} と空気比及び空気中の酸素の体積割合から、投入した空気量 V_{A} は、次の値となる。

$$V_{\text{A}} = \text{ } \text{ ab.c} \text{ [m}^3\text{/m}^3\text{N-n]}$$

また、CO₂ の生成量 V_{CO_2} と H₂O の生成量 $V_{\text{H}_2\text{O}}$ は次の値となる。

$$V_{\text{CO}_2} = \text{ } \text{ a.bc} \text{ [m}^3\text{/m}^3\text{N-n]}$$

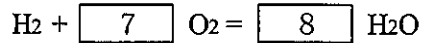
$$V_{\text{H}_2\text{O}} = \text{ } \text{ a.bc} \text{ [m}^3\text{/m}^3\text{N-n]}$$

これらをもとに湿り燃焼ガス量 V_{G} を計算すると、次の値となる。

$$V_{\text{G}} = \text{ } \text{ ab.c} \text{ [m}^3\text{/m}^3\text{N-n]}$$

2) 天然ガスを80%、水素を20%として混焼した場合の燃焼ガス量の計算

水素を完全燃焼させるための反応式は次のようになる。



これより、水素 1m^3_{N} の完全燃焼に必要な理論酸素量 V_{O_20} と、それにより生成する H_2O の量 $V_{\text{H}_2\text{O}}$ は、次のようになる。

$$V_{\text{O}_20} = \boxed{9} [\text{m}^3_{\text{N}}/\text{m}^3_{\text{N-h}}]$$

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = \boxed{10} [\text{m}^3_{\text{N}}/\text{m}^3_{\text{N-h}}]$$

これらより、水素混焼の場合の単位燃料体積当たりの理論酸素量 V_{O_20} は次の値となる。

$$V_{\text{O}_20} = \boxed{\text{F} \mid \text{a.bc}} [\text{m}^3_{\text{N}}/\text{m}^3_{\text{N-m}}]$$

天然ガス燃料と同様に、水素混焼の場合の燃焼用空気量、 CO_2 と H_2O の生成量が求められて、湿り燃焼ガス量 V_{G} は次の値となる。

$$V_{\text{G}} = \boxed{\text{G} \mid \text{ab.c}} [\text{m}^3_{\text{N}}/\text{m}^3_{\text{N-m}}]$$

< $\boxed{1}$ ~ $\boxed{10}$ の解答群 >

ア	$\frac{1}{2}$	イ	$\frac{2}{3}$	ウ	1	エ	2	オ	$\frac{5}{2}$	カ	3
キ	$\frac{7}{2}$	ク	4	ケ	$\frac{9}{2}$	コ	5	サ	$\frac{11}{2}$	シ	6

3) 単位発熱量当たりの CO_2 削減量の計算

水素混焼時の燃料単位体積当たりの発熱量 H は、次の値となる。

$$H = \boxed{\text{H} \mid \text{ab.c}} [\text{MJ}/\text{m}^3_{\text{N-m}}]$$

これより、発熱量 1MJ 当たりの CO_2 排出量が求められる。水素を混焼しない場合の発熱量 1MJ 当たりの CO_2 排出量も求めることができるから、これらより、水素を混焼することによる単位発熱量当たりの CO_2 排出量の削減割合は $\boxed{\text{I} \mid \text{a.bc}}$ [%]となる。

(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 ^d
---	----------------------

 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。

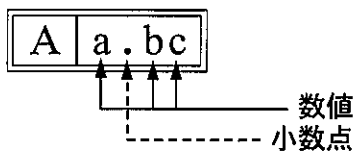
(2) 既に解答した数値を用いて次の問題以降の計算を行う場合も、必要に応じて四捨五入後の数値ではなく、四捨五入前の数値を用いて計算することなど、(1) の計算条件を満足すること。

(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 $\pi = 3.1415...$ 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

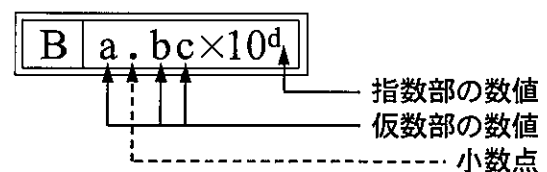
(解答)

「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... × 10²
↓ 四捨五入
9.18 × 10²

(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