

熱分野
専門区分

課目Ⅲ 燃料と燃焼

試験時間 9:00~10:20 (80分)

1 時限

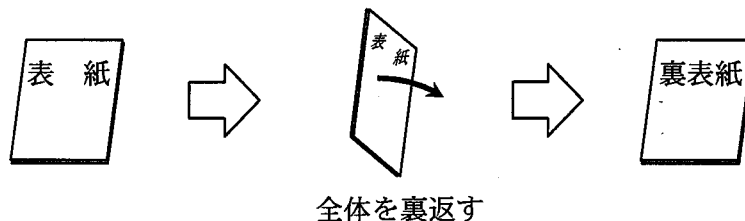
問題 8, 9 燃料及び燃焼管理
問題 10 燃焼計算

1~6 ページ
7~8 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 [1] ~ [16] 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) 主要な都市ガス事業者が供給している都市ガス 13A の発熱量は約 [1] [MJ/m³] であり、
[2] を主成分として、発熱量調整のために [3] などを加えている。主成分に加えるこれらの成分の割合を高めると、製品ガスの発熱量は [4] する。

< [1] ~ [4] の解答群 >

ア 25	イ 35	ウ 45	エ CO	オ CH ₄
カ C ₂ H ₂	キ C ₃ H ₈	ク H ₂	ケ 減少	コ 増大

(2) 重油は、JIS 規格 (JIS K 2205:2006) によると、霧化特性に大きく影響する [5] によって1種(A重油)、2種(B重油)、3種(C重油)の3種類に大別される。これら3種類のうちで、霧化特性が最も良好である [6] は、大気汚染や燃焼ガスによる伝熱面の腐食の要因となる [7] によって、さらに [8] 種類に細分される。

< [5] ~ [8] の解答群 >

ア 2	イ 3	ウ 4	エ 1種(A重油)
オ 2種(B重油)	カ 3種(C重油)	キ 動粘度	ク 密度
ケ 流動点	コ 硫黄分	サ 塩分	シ 残留炭素分
ス 窒素分	セ 灰分		

(3) 気体燃料と空気の混合気の層流燃焼速度は、バーナの燃焼性能に大きな影響を持つ因子である。

ここで、 H_2 、 CH_4 、 C_3H_8 の3種の気体燃料の層流燃焼速度を比較する。大気圧、室温の下での最大燃焼速度の値を見ると、 H_2 と空気の混合気の最大燃焼速度は約 300 cm/s 、 CH_4 と空気の混合気の最大燃焼速度は約 $[\text{cm/s}]$ 、 C_3H_8 と空気の混合気の最大燃焼速度は約 $[\text{cm/s}]$ である。

< 及び の解答群 >

ア 40 イ 90 ウ 150

(4) 高温の燃焼炉内の伝熱では、火炎からの熱放射が重要である。火炎中に炭素粒子が生成される

火炎では固体熱放射が支配的であり、炭素粒子をほとんど生成しない 火炎では、 や による気体熱放射が主たる放射形態である。 火炎は、熱放射においてこれらの中間に位置付けられる。

一般に、気体からの熱放射エネルギー流束は、同じ温度の固体からの熱放射エネルギー流束よりも 。

< ~ の解答群 >

ア CO_2 イ H_2O ウ N_2 エ O_2 オ 大きい カ 小さい
キ 液体燃料の噴霧燃焼 ク 気体燃料の拡散燃焼 ケ 気体燃料の予混合燃焼

(燃料及び燃焼管理)

問題 9 次の各問に答えよ。(配点計 30 点)

- (1) 次の表の ~ の中に入れるべき最も適切な字句を ~ の解答群 > から選び、その記号を答えよ。なお、同じ記号を 2 回以上使用してもよい。

次の表の①~③は、ガス燃料用バーナの特徴と、それに合致するバーナ形式を示したものである。

ガス燃料用バーナの特徴		バーナ形式
①	燃料ガス及び空気を、別の噴孔から噴出させて燃焼させる形式である。工業用ガス燃料用バーナとして、最も多く用いられる。	<input type="text" value="1"/>
②	ガス燃料用バーナの中では、最も高負荷燃焼が可能となる。	<input type="text" value="2"/>
③	逆火の危険性が最も少ない形式である。	<input type="text" value="3"/>

< ~ の解答群 >

ア 拡散燃焼式

イ 完全予混合燃焼式

ウ 部分予混合燃焼式

- (2) 次の文章の 及び の中に入れるべき最も適切な字句を 及び の解答群 > から選び、その記号を答えよ。

次の①~⑥に示す、液体燃料の噴霧燃焼装置に関する記述のうち、明らかに誤っているのは

及び である。

- ① 同一のバーナでは、噴霧粒径を小さくするほど短炎となる。
- ② 油圧噴霧バーナには、全量を噴霧する方式と、一部を噴霧し一部を循環させる方式の 2 方式がある。
- ③ JIS 規格 (JIS K 2205 : 2006) の 1 種重油 (A 重油) では、加熱して粘度を低下させて使用する必要がある。
- ④ 油圧式バーナと高圧気流式バーナの、油量調節範囲を示すターンダウン比を比較した場合、高圧気流式の方が大きい。

⑤ 回転式バーナと高圧気流式バーナを比較した場合、一般に広角炎となるのは高圧気流式の方である。

⑥ 各々1基当たりの最大容量を、低圧気流式バーナと油圧式バーナとで比較した場合、一般に油圧式の方が大きい。

< [4] 及び [5] の解答群 >

ア ① イ ② ウ ③ エ ④ オ ⑤ カ ⑥

(3) 次の文章の [6] ~ [11] の中に入れるべき最も適切な字句又は数値を [6] ~ [11] の解答群 > から選び、その記号を答えよ。なお、[6] 及び [7] は2箇所あるが、それぞれ同じ記号が入る。

固体燃料の燃焼装置の代表的形式には、火格子燃焼形式、微粉炭燃焼形式、流動層燃焼形式の三つの形式がある。これらのうち、燃焼用空気の流速が最も大きいのは [6] 形式で、最も大粒径の燃料を使用できるのは [7] 形式である。

我が国で稼働中の [7] 形式の装置は、ほとんどが [8] の燃焼用である。

[6] 形式の装置では、灰のほとんどは [9] として排出される。

流動層燃焼形式の装置では、流動層の温度は通常 [10] [°C] 程度であり、流動層中に [11] を投入することにより炉内脱硫が可能となる。

< [6] ~ [11] の解答群 >

ア 850	イ 1000	ウ 1300	エ クリンカ
オ スラグ	カ バイオマス	キ フライアッシュ	ク ボトムアッシュ
ケ 珪砂 ^{けいしやう}	コ 石炭	サ 石灰石	シ 石膏 ^{せっこう}
ス 鉄鉱石	セ 廃棄物	ソ 火格子燃焼	タ 微粉炭燃焼
チ 流動層燃焼			

問題9の(4)及び(5)は次の5頁及び6頁にある

(4) 次の表の ～ の中に入れるべき最も適切な記述を ～ の解答群 > から選び、その記号を答えよ。なお、同じ記号を2回以上使用してもよい。

次の表の①～⑥は、燃焼装置の運転方法と、それに該当する腐食防止の効果について記述したものである。

燃焼装置の運転方法		腐食防止の効果
①	低バナジウム、低ナトリウムの燃料の使用	<input type="text" value="12"/>
②	低窒素分燃料の使用	<input type="text" value="13"/>
③	低硫黄分燃料の使用	<input type="text" value="14"/>
④	低空気比燃焼	<input type="text" value="15"/>
⑤	灰の融点上昇のためのドロマイトの注入	<input type="text" value="16"/>
⑥	水蒸気の吹き込み	<input type="text" value="17"/>

< ～ の解答群 >

ア 低温腐食に効果的な対策となる

イ 高温腐食に効果的な対策となる

ウ 低温腐食、高温腐食のどちらの対策にもならない

(5) 次の各文章の [18] ~ [23] の中に入れるべき最も適切な字句を [18] ~ [23] の解答群 > から選び、その記号を答えよ。

1) 使用する燃料で燃焼装置を比較した場合、一般に最も低空気比で良好な燃焼が可能なのは、[18] 燃焼装置であり、単一のバーナで発生熱量の値を最も大きくできるのは、[19] 燃焼装置のバーナである。

2) 運転管理に重要な排ガス分析において、排ガスのサンプリングに使用する導管には、測定成分との化学反応や、測定成分の [20] の少ないふっ素樹脂がよく使用される。排ガス成分の連続分析計では、赤外線や紫外線の [21] を利用するものが多いが、酸素成分の連続分析の場合は、電気化学式のジルコニア分析計や、酸素の [22] を利用するダンベル型の分析計がよく使用される。

このほか、排ガス分析にはガスクロマトグラフも用いられ、主に [23] を目的としている。

< [18] ~ [23] の解答群 >

- | | | |
|--------------|-----------|---------|
| ア 吸着 | イ 吸収 | ウ 発光 |
| エ 偏光 | オ 分解 | カ 放出 |
| キ 溶解 | ク 液体燃料用 | ケ 気体燃料用 |
| コ 固体燃料用 | サ 酸化力 | シ 常磁性 |
| ス 電気化学ポテンシャル | セ スペクトル分析 | ソ 多成分分析 |
| タ 連続分析 | | |

(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 ～ の解答群から選び、その記号を答えよ。なお、同じ記号を2回以上使用してもよい。

また、 a.bc ～ abc 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)

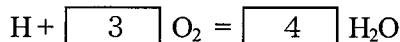
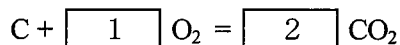
質量組成が炭素 87 %、水素 13 % の重油を完全燃焼している加熱炉があり、排ガス温度は 800 °C である。加熱炉出口において排ガスを分析したところ、乾き排ガス中の CO₂ 濃度は体積割合で 13 % であった。ここで、排ガスの排熱を回収するため空気予熱器を設置し、燃焼用空気の温度を 350 °C まで上昇させることにした。

このとき、次の 1) ～ 4) の計算を行う。

ただし、燃料及び燃焼用空気は基準温度の 25 °C で供給されるものとする。また、燃焼用空気の平均定圧比熱は 1.32 kJ/(m³_N·K)、湿り燃焼ガスの平均定圧比熱は 1.45 kJ/(m³_N·K) で一定とする。また、燃焼ガスの漏洩はないものとする。

1) 理論空気量を計算する。

燃料中の炭素及び水素の完全燃焼反応式は次のようになる。



これらの式より、炭素 1 kg を燃焼させるのに必要な酸素量は [m³_N]、水素 1 kg を燃焼させるのに必要な酸素量は [m³_N] であるため、燃料の理論酸素量 V_{O_0} は a.bc [m³_N/kg-f] となり、燃料の理論空気量 V_{A_0} は次のようになる。

$$V_{A_0} = \frac{V_{O_0}}{\text{7}} = \text{B} \text{ ab.c} \text{ [m}^3\text{/kg-f]}$$

2) 供給している空気量を計算する。

炭素 1 kg を燃焼させたときに発生する CO₂ 量は [m³_N] であるため、燃料 1 kg を完全燃焼させたときに発生する CO₂ 量 V_{CO_2} は a.bc [m³_N/kg-f] となる。

ここで、乾き排ガス中の CO₂ 濃度が 13 % であることから、実際の乾き燃焼ガス量 V'_G は、

[$\text{m}^3_{\text{N}}/\text{kg-f}$]である。

実際の乾き燃焼ガス量 V'_G は、空気比を α とすれば式 で表されるため、この式と実際の乾き燃焼ガス量の値から空気比を計算すると となる。このため、供給している空気量 V_A は、 [$\text{m}^3_{\text{N}}/\text{kg-f}$]である。

3) 実際の湿り燃焼ガス量を計算する。

水素 1kg を燃焼させたときに発生する H_2O 量は [m^3_{N}] であるため、燃料 1kg を完全燃焼させたときに発生する H_2O 量 $V_{\text{H}_2\text{O}}$ は [$\text{m}^3_{\text{N}}/\text{kg-f}$] となる。燃料 1kg を完全燃焼させたときに発生する実際の湿り燃焼ガス量 V_G は [$\text{m}^3_{\text{N}}/\text{kg-f}$] となる。

4) 空気予熱器を設置した時の排ガス温度を計算する。

燃焼用空気を 350°C まで予熱するのに必要な熱量を燃料 1kg 当たりで計算すると、燃焼用空気の供給温度が 25°C 、平均定圧比熱が $1.32 \text{ kJ}/(\text{m}^3_{\text{N}}\cdot\text{K})$ であることから、 [$\text{MJ}/\text{kg-f}$] となる。空気予熱器での熱損失がないとすれば、排ガスの保有熱は空気の予熱に利用した分だけ減少するため、湿り燃焼ガスの平均定圧比熱が $1.45 \text{ kJ}/(\text{m}^3_{\text{N}}\cdot\text{K})$ であることから、排ガス温度は 800°C から [$^\circ\text{C}$] まで低下する。

< ~ の解答群 >

ア 0.16	イ 0.18	ウ 0.21	エ 0.23
オ $\frac{1}{4}$	カ $\frac{1}{2}$	キ 1	ク 2
ケ 4	コ $\frac{22.4}{12 \times 4}$	サ $\frac{22.4}{12 \times 2}$	シ $\frac{22.4}{12}$
ス $\frac{22.4 \times 2}{12}$	セ $\frac{22.4}{4}$	ソ $\frac{22.4}{2}$	タ 22.4
チ 22.4×2	ツ $V_{A_0} + V_{\text{CO}_2}$	テ $V_{O_0} + V_{\text{CO}_2}$	ト $\alpha V_{A_0} + V_{\text{CO}_2}$
ナ $\alpha V_{A_0} - V_{O_0} + V_{\text{CO}_2}$		ニ $(\alpha - 1)V_{A_0} - V_{O_0} + V_{\text{CO}_2}$	

(表紙からの続き)

II 解答上の注意

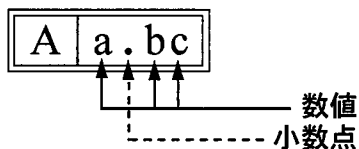
1. 問題の解答は、該当欄にマークすること。
2. 、 などは、解答群の字句、数値、式、図などから当てはまる記号「ア、イ、ウ、エ、オ・・・」を選択し、該当欄のその記号を塗りつぶすこと。
3. 、 などは、計算結果などの数値を解答する設問である。a,b,c,d などのアルファベットごとに該当する数字「0,1,2,3,4,5,6,7,8,9」(ただし、aは0以外とする)を塗りつぶすこと。

また、計算をともなう解答の場合は以下によること。

- (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、解答すべき数値の計算過程においても、すべて最小位よりも一つ下の位まで計算し、最後に四捨五入すること。
- (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、解答すべき数値の桁数が同じ場合は、四捨五入後の数値ではなく、四捨五入する前の数値を用いて計算すること。
- (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、「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。」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

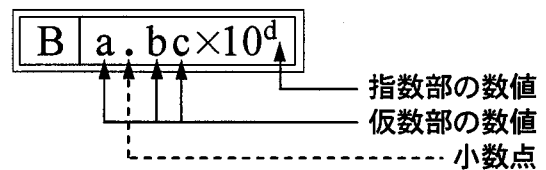
(解答)

「6.83」に
マークする

		A			
		a	.	b	c
①				0	0
②				1	1
③				2	2
④				3	●
⑤				4	4
⑥				5	5
⑦				6	6
⑧				7	7
⑨				8	●
⑩				9	9

「解答例2」

(設問)



(計算結果)

9.183×10^2
↓ 四捨五入
 9.18×10^2

(解答)

「 9.18×10^2 」に
マークする

		B					
		a	.	b	c	×10	d
①				0	0		0
②				1	1		1
③				2	2		2
④				3	3		3
⑤				4	4		4
⑥				5	5		5
⑦				6	6		6
⑧				7	7		7
⑨				8	●		8
⑩				9	9		9

(裏表紙)