



3

大気特論

平成21年度

Question

問1 燃料性状値の大小の比較として、誤っているものはどれか。

- (1) プロパンの高発熱量(MJ/kg) > メタンの高発熱量(MJ/kg)
 (2) メタンの着火温度(°C) > 歴青炭の着火温度(°C)
 (3) C重油の理論空気量(m³_N/kg) > 歴青炭の理論空気量(m³_N/kg)
 (4) 歴青炭の揮発分(wt%) > 無煙炭の揮発分(wt%)
 (5) C重油の(CO₂)_{max} (vol%) > メタンの(CO₂)_{max} (vol%)

 ヒント

燃料の性状に関する出題である。

- (1) 気体燃料の場合、単位質量当たりの高発熱量(MJ/kg)は、表1の単位体積当たりの高発熱量(MJ/m³_N)及び気体の密度(kg/m³_N)を用いて

$$\text{高発熱量(MJ/kg)} = \frac{\text{高発熱量(MJ/m}^3_{\text{N}})}{\text{気体の密度(kg/m}^3_{\text{N}})}$$

より求められる。

メタン(CH₄)とプロパン(C₃H₈)の単位体積当たりの高発熱量は、それぞれ 39.8 MJ/m³_N、101.3 MJ/m³_N、気体の密度はそれぞれ 0.715 kg/m³_N、1.966 kg/m³_Nであり、単位質量当たりのそれぞれの高発熱量(MJ/kg)は、

$$\text{CH}_4 \text{ の高発熱量} = \frac{39.8(\text{MJ/m}^3_{\text{N}})}{0.715(\text{kg/m}^3_{\text{N}})} = 55.7(\text{MJ/kg})$$

$$\text{C}_3\text{H}_8 \text{ の高発熱量} = \frac{101.3(\text{MJ/m}^3_{\text{N}})}{1.966(\text{kg/m}^3_{\text{N}})} = 51.5(\text{MJ/kg})$$

となり、CH₄の高発熱量(MJ/kg)のほうが大きいので、誤り。

(テキスト 3.1.2(2))

表1 気体燃料成分の性状

成分	分子式	高発熱量 (MJ/m ³ _N)	質量 (kg/m ³ _N)
メタン	CH ₄	39.8	0.715
エタン	C ₂ H ₆	70.7	1.341
プロパン	C ₃ H ₈	101.3	1.966
エチレン	C ₂ H ₄	62.4	1.251
プロピレン	C ₃ H ₆	92.5	1.877
アセチレン	C ₂ H ₂	57.8	1.161
一酸化炭素	CO	12.7	1.249
二酸化炭素	CO ₂	—	1.963
水素	H ₂	12.8	0.090
酸素	O ₂	—	1.429
窒素	N ₂	—	1.250

(2) 表2より、着火温度は、CH₄ 600℃、歴青炭 325～400℃であり、メタンのほうが高く正しい。一般に着火温度は、気体燃料>液体燃料>固体燃料の順に低くなる。(テキスト 3.3.2)

表2 燃料の着火温度

燃料	着火温度(℃)	燃料	着火温度(℃)
木炭(黒炭)	320～370	重油	530～580
褐炭(乾)	250～450	歴青炭タール油	580～650
歴青炭	325～400	水素	570
無煙炭	440～500	一酸化炭素	600
半成コークス	400～450	メタン	600
ガスコークス	500～600	発生炉ガス	700～800

(注) 着火温度は燃料の組成、測定方法等により異なった値をとる。

(3) 表3より、理論空気量(m³_N/kg)は、C重油(燃料油)10～13(m³_N/kg)、歴青炭 7.5～8.5(m³_N/kg)であり、C重油のほうが大きい。正しい。(テキスト 3.2.4)

表3 各種燃料の理論空気量(概略値)

燃 料	A ₀ (m ³ _N /m ³ _N)	燃 料	A ₀ (m ³ _N /kg)
天 然 ガ ス	8.0 ~ 9.5	燃 料 油	10 ~ 13
オ イ ル ガ ス	4.5 ~ 11.0	歴 青 炭	7.5 ~ 8.5
石 炭 ガ ス	4.5 ~ 5.5	無 煙 炭	9.0 ~ 10.0
発 生 炉 ガ ス	0.9 ~ 1.2	コ ー ク ス	8.5
高 炉 ガ ス	0.7	炭 素	8.9

(4) 石炭化が進むにしたがって石炭の揮発分は少なくなり、固定炭素が多くなる。無煙炭は最も石炭化が進んだ石炭であり、揮発分は最も少ない。したがって、揮発分は歴青炭のほうが多い。正しい。

表4 燃料比からも判断できる。燃料比は次式

$$\text{燃料比} = \frac{\text{固定炭素}(\%)}{\text{揮発分}(\%)}$$

で表されるので、燃料比を比較すると無煙炭 4.0 以上、歴青炭 1.5 未満又は以上であり、燃料比の小さな歴青炭のほうが揮発分が多いことが分かる。(テキスト 3.1.4(2))

表4 JISによる国内炭分類(JIS M 1002 より作成)

分 類		発 熱 量* (補正無水無灰基) (kJ/kg)	燃料比	粘 結 性	備 考
炭 質	区 分				
無 煙 炭 (A)	A ₁	—	4.0 以上	非粘結	火山岩の作用で生じた ^{せんせき} 燧石
	A ₂				
歴 青 炭 (B, C)	B ₁	35160 以上	1.5 以上	強粘結	
	B ₂		1.5 未満		
	C		33910 以上 35160 未満	—	
亜歴青炭 (C, E)	D	32650 以上 33910 未満	—	弱粘結	
	E	30560 以上 32650 未満	—	非粘結	
褐 炭 (F)	F ₁	29470 以上 30560 未満	—	非粘結	
	F ₂	24280 以上 29470 未満	—		

(注) * 発熱量(補正無水無灰基) = $\frac{\text{発熱量}}{100 - \text{灰分補正率} \times \text{灰分} - \text{水分}} \times 100$

ただし、灰分補正率は配炭公団の方式による。

[出典：配炭公団技術局編 技術資料第2 輯及び石炭局編 炭量計算基準解説書(昭和24年4月)]

- (5) 表5より, $(\text{CO}_2)_{\text{max}}$ (vol%) は, C 重油(燃料油)15 ~ 16%, CH_4 (乾性天然ガス)10.6%で, C 重油のほうが高い。正しい。(テキスト 3.2.4)

表5 $(\text{CO}_2)_{\text{max}}$ の概略値

燃 料	$(\text{CO}_2)_{\text{max}}$ (%)	燃 料	$(\text{CO}_2)_{\text{max}}$ (%)
天然ガス 湿性	10.6	燃 料 油	15 ~ 16
乾性	11.5	歴 青 炭	18.5
オイルガス	11.4 ~ 12.2	無 煙 炭	19 ~ 20
液化石油ガス	13.8 ~ 15.1	コ ー ク ス	20.6
石 炭 ガ ス	11	炭 素	21
高 炉 ガ ス	24		

☺ 問1: 正解 (1)



燃料性状; 大気特論: H18 問2, H19 問1, H20 問1

Question

問2 JIS における液体燃料の規格に関する記述として、誤っているものはどれか。

- (1) 自動車用ガソリンは、オクタン価により1号と2号に分類される。
- (2) 軽油は、セタン指数(セタン価)により5種類に分類される。
- (3) 1号灯油は精製度が高く、白灯油とも呼ばれる。
- (4) 重油は、動粘度により1種(A重油)、2種(B重油)、3種(C重油)に分類される。
- (5) 3種重油(C重油)の引火点は、1種重油(A重油)のそれより高い。

 ヒント

液体燃料の JIS 規格に関する出題である。

- (1) 自動車用ガソリンはオクタン価によって1号と2号の2種がある。正しい。(テキスト 3.1.3(2)①)
- (2) 軽油は、流動点による特1号、1号、2号、3号及び特3号の5種類に分類される。セタン価により分類されるは誤り。(テキスト 3.1.3(2)③)
- (3) 1号灯油は、燃焼ガスをそのまま室内に放出する機会が多いので、十分に精製することが要求されている。この種の灯油は白灯油と呼ばれる。正しい。(テキスト 3.1.3(2)②)
- (4) 表に重油の JIS 規格を示す。重油は動粘度により1種(A重油)、2種(B重油)、3種(C重油)に分類される。正しい。(テキスト 3.1.3(2)④)
- (5) 表に示すように、3種重油の引火点は70℃以上、1種重油のそれは60℃以上であり、正しい。(テキスト 3.1.3(2)④)

表 重油の規格 (JIS K 2205)

種類		反応	引火点 (℃)	動粘度 (50℃) (mm ² /s)	流動点 (℃)	残留炭素分 (質量%)	水分 (容量%)	灰分 (質量%)	硫黄分 (質量%)
1種 (A重油)	1号	中性	60以上	20以下	5以下*	4以下	0.3以下	0.05以下	0.5以下
	2号								2.0以下
2種(B重油)			50以下	10以下*	8以下	0.4以下	3.0以下		
3種 (C重油)	1号		70以上	250以下	—	—	0.5以下	0.1以下	3.5以下
	2号			400以下	—	—	0.6以下		—
	3号			400を超え1000以下	—	—	2.0以下	—	—

(注) * 1種及び2種の寒候用のものの流動点は0℃以下とし、1種の暖候用の流動点は10℃以下とする。

☺ 問2：正解 (2)



液体燃料；大気特論：H18問2，H19問1，H20問2

Question

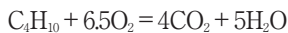
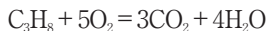
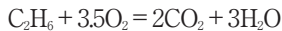
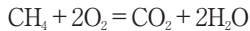
問3 メタン75%，エタン14%，プロパン8%，ブタン2%，窒素1%の組成の湿性天然ガスの理論空気量 ($\text{m}^3_{\text{N}}/\text{m}^3_{\text{N}}$) はおよそいくらか。

- (1) 10 (2) 11 (3) 12 (4) 13 (5) 14

 ヒント

混合ガスの燃焼における理論空気量を求める基本的な出題である。個々のガスの燃焼に必要な酸素量を求め、その合計量を空気中の酸素濃度(0.21)で割れば、理論空気量が求められる。(テキスト 3.2.2～3.2.3(1))

メタン(CH_4)、エタン(C_2H_6)、プロパン(C_3H_8)、ブタン(C_4H_{10})の燃焼反応方程式は、それぞれ以下のようになる。



これらの式を忘れたときは、左辺に燃料と酸素を、右辺に CO_2 と H_2O を並べ、まず両辺で C の数と H の数がそれぞれ等しくなるように CO_2 と H_2O の係数を決定する。次に、両辺で O の数が等しくなるように、 O_2 の係数を決定する。主要な燃料ガスの分子式を覚えておくことは必要である。

問題の天然ガスが 1 m^3_{N} 存在したとすると、例えばメタンの燃焼に必要な酸素量は $0.75 \times 2 = 1.5 \text{ m}^3_{\text{N}}$ である。他のガスについても同様に計算して必要な酸素量の合計を求め、最後に 0.21 で割れば、理論空気量 A_0 が求められる。窒素は燃焼しないので無視する。

$$A_0 = \frac{(0.75 \times 2 + 0.14 \times 3.5 + 0.08 \times 5 + 0.02 \times 6.5)}{0.21} = 12.0 \text{ m}^3_{\text{N}}$$

したがって、(3)が正しい。

☉ 問3：正解 (3)



大気特論：H19問2、H20問3

Question

問4 A重油80%と水20%を混合したエマルジョン燃料の低発熱量(MJ/kg)はおおよそいくらか。

ただし、A重油の低発熱量は38.1 MJ/kg、水の蒸発潜熱は発生する水蒸気当たり1.98 MJ/m³_Nとする。

- (1) 27 (2) 28 (3) 29 (4) 30 (5) 31

 ヒント

水分を含んだ燃料の低発熱量に関する出題である。熱量計で測定されるのは、水蒸気の水の状態まで戻ったときの水分の蒸発潜熱を含んだ熱量であり、高発熱量(総発熱量)と呼ばれている。実際の燃焼では燃焼ガス中の水分は水蒸気のまま排出されるので、蒸発潜熱は利用できないことが多いので、高発熱量から蒸発潜熱を差し引いた熱量が有効に利用できる。これを低発熱量又は真発熱量という。

水分を含むエマルジョン燃料の低発熱量を求めるには、燃料分の低発熱量から水分量に基づく蒸発潜熱を差し引く。(テキスト 3.2.2(2)～(3)及び3.2.5(1))

問題から、A重油の低発熱量は38.1 MJ/kgである。これからエマルジョン燃料中の水分量に基づく蒸発潜熱を差し引く必要がある。ただし、問題では蒸発潜熱が水蒸気1 m³_N当たりで与得られているので、水蒸気1 kg 当たりに換算する必要がある。水蒸気1 kg は1/18 kmolに相当し、1 kmolの理想気体は22.4 m³_Nであるから、水蒸気1 kg は22.4/18=1.24 m³_Nになる。

よって、A重油80%と水20%を混合したエマルジョン燃料の低発熱量は

$$38.1 \times 0.8 - 1.98 \times 0.2 \times 1.24 = 30.0 \text{ MJ/kg}$$

となり、(4)が正解となる。

☺ 問4：正解 (4)



過去3年において、類似の出題はない。

Question

問5 燃焼装置及び原動機に関する記述として、誤っているものはどれか。

- (1) ボイラー用として広く用いられているガスバーナーは、拡散燃焼形である。
- (2) 油量の微量調節が可能な比例調節式バーナーは、低圧空気式バーナーの一種である。
- (3) 微粉炭燃焼ボイラーでは、負荷変動への追従性に問題がある。
- (4) ディーゼル機関では、高温高圧になった圧縮空気の中に燃料を噴霧して自然着火させる。
- (5) ガスタービンは、圧縮機、燃焼器、タービンの三つの要素から成っている。

 ヒント

燃焼装置及び原動機に関する出題である。

- (1) ボイラー用として広く用いられているガスバーナーは、拡散燃焼形である。正しい。(テキスト 3.3.3(2))
- (2) 油量の微量調節が可能な比例調節式バーナーは、低空気式バーナーの一種である。正しい。(テキスト 3.3.4(3)④)
- (3) 微粉炭燃焼ボイラーでは、その高い燃焼効率や負荷変動に対する追従の容易さ等の長所があり、現在、発電所ボイラーをはじめ大型ボイラーの主流となっている。したがって、負荷変動への追従性に問題があるは、誤り。(テキスト 3.3.5-4)
- (4) ディーゼル機関では、高温高圧になった圧縮空気の中に燃料を噴霧して自然着火させる。正しい。(テキスト 3.3.6(1))
- (5) ガスタービンは、圧縮機、燃焼器、タービンの三つの要素から成っている。正しい。(テキスト 3.3.6(2))

☺ 問5：正解 (3)



燃焼装置；大気特論：H18問6、H20問6

Question

問6 重油燃焼における高温腐食対策として、誤っているものはどれか。

- (1) 高温部の伝熱面の表面温度を下げる。
- (2) 伝熱面の付着物をスートブロワーで落とす。
- (3) パナジウム、ナトリウムの少ない重油を使用する。
- (4) スケールの除去を行う。
- (5) ドロマイトを注入して、灰の融点を下げる。

 ヒント

重油燃焼における高温腐食に関する出題である。(テキスト 3.3.8(2))

高温腐食防止対策として、

- (1) 高温部の加熱器，再熱器の伝熱面の表面温度を下げるよう，伝熱面の配置を考慮する。正しい。
- (2) 伝熱面の付着物をできるだけ落とすようにスートブロワーを適切に配置する。正しい。
- (3) パナジウム，ナトリウムの少ない重油を使用する。正しい。
- (4) 定期点検などを利用して，スケールの除去を行う。正しい。
- (5) ドロマイトなどの添加剤注入により灰の融点上昇を図り，高温部での灰付着を少なくする。したがって，灰の融点を下げるは，誤り。

☺ 問6：正解 (5)



過去3年において、類似の出題はない。

Question

問7 燃焼管理に用いるガス分析計とその妨害成分の組合せとして、誤っているものはどれか。

(ガス分析計)	(妨害成分)
(1) 磁気式 O ₂ 計	NO
(2) ジルコニア方式 O ₂ 計	CO ₂
(3) 電極方式 O ₂ 計	SO ₂
(4) 電気式(熱伝導式) CO ₂ 計	H ₂
(5) 赤外線吸収式 CO ₂ 計	H ₂ O

 ヒント

ガス分析計の妨害成分に関する出題である。

- (1) 磁気式 O₂ 計は、常磁性体である O₂ 分子が磁界内で磁化された際に生じる吸引力を利用して O₂ 濃度を連続的に求めるもので、体積磁化率の大きい NO ガスが妨害成分となる。正しい。(テキスト 3.3.10-1(1)③)
- (2) ジルコニア方式 O₂ 計は、高温に加熱されたジルコニア素子の両端に電極を設け、その一方に試料ガス、他方に比較ガス(空気)を流して O₂ 濃度差を与え、両極間に生じる起電力を検出するもので、高温において酸素と反応する可燃ガス(CO、メタン(CH₄)など)又はジルコニア素子を腐食するガス(二酸化硫黄 SO₂ など)が妨害成分となるが、CO₂ は妨害成分とはならない。誤り。(テキスト 3.3.10-1(1)④)
- (3) 電極方式 O₂ 計は、ガス透過性隔膜を通して電解槽中に拡散吸収された O₂ が固体電極表面で還元される際に生じる電解電流を検出する方式で、酸化還元反応を起こすガス CO₂ や SO₂ が妨害成分となる。正しい。
(テキスト 3.3.10-1(1)④)
- (4) 電気式(熱伝導式)CO₂ 計は、CO₂ の熱伝導率が空気のそれに比べて非常に小さいことを利用したものであり、水素(H₂)は空気に比べて熱伝導率が

非常に大きいので、少量でも混入すると指示値が下がるため H_2 は妨害成分となる。正しい。(テキスト 3.3.10-1(2)①)

- (5) 赤外線吸収式 CO_2 計は、 CO_2 の赤外線領域における特定波長の光吸収を利用して、試料ガス中の CO_2 濃度を測定するもので、赤外線を吸収する H_2O は妨害成分となる。正しい。(テキスト 3.3.10-1(2)②)

☺ 問7：正解 (2)



燃焼管理測定；大気特論：H18問7，H19問7，H20問7

Question

問8 石灰スラリー吸収法による排煙脱硫システムに関する記述として、誤っているものはどれか。

- (1) スート分離方式では、吸収塔の前に冷却除じん塔が設置される。
- (2) スート混合方式では、スート分離方式より高純度の石こうが得られる。
- (3) 別置き酸化塔方式では、吸収塔の後に酸化塔が設置される。
- (4) 吸収塔酸化方式では、吸収塔内で硫黄酸化物の吸収と亜硫酸カルシウムなどの酸化が行われる。
- (5) 冷却除じん、吸収、酸化の工程を一塔で行う排煙脱硫システムが実用化されている。

 ヒント

排煙脱硫の石灰スラリー法に関する出題である。

- (1) スート分離方式は、吸収塔の前に冷却除じん塔が設置され、高温の排ガスを吸収に適した温度まで冷却するとともに、ばいじんをあらかじめ除去することによって石こうへの不純物の混入を少なくし、石こうの品質を高めることができる。正しい。(テキスト 3.4.2)
- (2) スート混合方式では、吸収塔で吸収と除じんを同時に行わせる方式であり、石こう中へばいじんなどの不純物が混入し、石こうの純度を低下させることとなる。したがって、スート分離方式より高純度の石こうが得られるは、誤り。(テキスト 3.4.2)
- (3) 別置き酸化塔方式では、吸収塔の後ろに酸化塔が設置される。正しい。(テキスト 3.4.2)
- (4) 吸収塔酸化方式では、吸収塔内で硫黄酸化物(SO_2)の吸収と亜硫酸カルシウム(CaSO_3)などの酸化が同時に行われる方式である。正しい。(テキスト 3.4.2)
- (5) 冷却除じん、吸収、酸化の工程を一塔で行う排煙脱硫システムが実用化されている。正しい。(テキスト 3.4.6(1)③)

☺ 問8：正解 (2)



Question

問9 石灰スラリー吸収法におけるスケーリング防止方法として、誤っているものはどれか。

- (1) 吸収塔に入る吸収液をアルカリ性に保つ。
- (2) 吸収液に石こうの種結晶を加える。
- (3) 吸収塔内部は、液のよどみが少ない構造とする。
- (4) 吸収液の石こう過飽和度を低く保つ。
- (5) デミスターを定期的に水洗する。

 ヒント

石灰スラリー吸収法では二酸化硫黄(SO_2)吸収によって生成する亜硫酸カルシウム(CaSO_3)及び酸化によって生成する石こうは水への溶解度が小さく吸収液中で結晶として析出する。これら結晶を含む吸収液と接する吸収塔、デミスター、配管などの装置材料面に結晶の一部が固結する場合があります、これをスケーリングという。(テキスト 3.4.6(2))

- (1) CaSO_3 の溶解度は酸性では大きいですが、アルカリ性になると著しく小さくなってスケーリングが起りやすくなるので、吸収液を中性ないし弱酸性を保って CaSO_3 のスケーリングを抑制する。したがって、吸収塔に入る吸収液をアルカリ性に保つは、誤り。
- (2) 吸収液に石こうの種結晶を加えるなどして石こう結晶濃度を高め、酸化反応によって、生成する硫酸カルシウム(CaSO_4)種結晶表面に析出させる。これによって、装置材料表面への付着を抑制する。正しい。
- (3) 吸収塔内部は、液のよどみが少ない液分散ノズル配置とし、適切な液ガス比を維持する。正しい。
- (4) 吸収塔下部に滞留時間の大きな反応層を設け、吸収液の石こう過飽和度を常に低い状態に保つ。正しい。
- (5) デミスターは、同伴液滴を分離するための屈曲構造となっており、結晶

3

大気関係
平成21年度

粒子を含む吸収液のよどみと乾き箇所が生じやすく、特にスケーリングが
起こりやすいので、運転中の定期水洗によって固結を防止する。正しい。

☺ 問9：正解（1）



排煙脱硫装置の維持管理；大気特論：H18問8、H20問9

Question

問10 窒素酸化物の生成に関する記述として、誤っているものはどれか。

- (1) サーマル NO は、その生成に Zeldovich 機構が関与している。
- (2) サーマル NO は、燃焼温度が高いと多く生成する。
- (3) フューエル NO は、燃料中の窒素分が多いと多く生成する。
- (4) フューエル NO は、アンモニアやシアンなどの中間生成物を経て生成する。
- (5) プロンプト NO は、CO、H₂の燃焼に特有のものである。

 ヒント

窒素酸化物の生成に関する出題である。(テキスト 3.5.2)

- (1) サーマル NO の生成機構として、Zeldovich が提案した次のような反応が一般に認められている。正しい。



ここに、M：第3物質

- (2) サーマル NO は、燃焼用空気の中に含まれている窒素と酸素が高温状態において反応して NO となる。この場合、燃焼温度が高いと多く生成する。正しい。
- (3) フューエル NO は、燃料中の窒素分が多いと多く生成する。正しい。
- (4) フューエル NO は、アンモニアやシアンなどの中間生成物を経て生成する。正しい。
- (5) プロンプト NO は、炭化水素系燃料に特有なものであり、CO や H₂ の燃焼の場合にはみられないので、誤り。

☺問10：正解 (5)



過去3年において、類似の出題はない。

Question

問11 アンモニア接触還元法による排煙脱硝において使用される触媒に関する記述として、誤っているものはどれか。

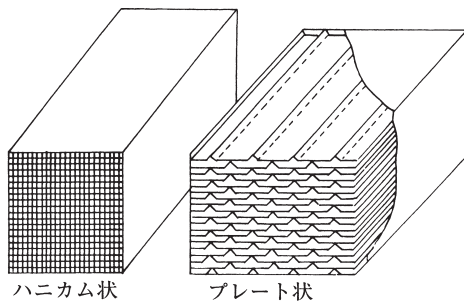
- (1) 活性金属として、 V_2O_5 がよく使われる。
- (2) SO_x による被毒を防ぐための担体として、 Al_2O_3 がよく使われる。
- (3) ダストによる閉塞を防ぐためには、ハニカム状のものがよく使われる。
- (4) フライアッシュによる摩耗を防ぐためには、ガス入口部分をかたくする。
- (5) 寿命は、石炭燃焼ボイラーへの適用のほうが、ガス燃焼ボイラーへの適用より短い。

 ヒント

アンモニア接触還元法において使用される触媒に関する出題である。

(テキスト 3.5.4-2)

- (1) 活性金属として五酸化バナジウム (V_2O_5) がよく使われる。正しい。
- (2) Al_2O_3 を担体とするものは、二酸化硫黄 (SO_2) と反応して硫酸アルミニウム ($Al_2(SO_4)_3$) を生成し、活性が低下するため、硫酸化されにくい酸化チタン (TiO_2) が担体としてよく用いられている。したがって、 Al_2O_3 がよく使われるは、誤り。
- (3) ダストによる閉塞を防ぐためと圧力損失の低減のために、図に示すような、ハニカム(格子)状のものやプレート(板)状の並行流形がよく使われている。正しい。
- (4) フライアッシュによる摩耗を防ぐためには、ガス入口部分をかたくする。正しい。
- (5) 寿命は、石炭の燃焼ボイラーへの適用で5～6年、ガス燃焼ボイラーの適用で8～10年で、石炭の燃焼ボイラーへの適用のほうが短い。正しい。



(注) ハニカム状は通常 150 mm × 150 mm で長さは 500 ~ 1000 mm, プレート状の寸法は様々である。

[出典：安藤淳平，世界の排煙浄化技術（1990）]

図 代表的な触媒の形状

☺問11：正解 (2)



触媒；大気関係技術特論：H18問6，H19問6

Question

問12 JIS の燃料試験方法に関する記述として、誤っているものはどれか。

- (1) 気体燃料の発熱量は、ユニカース式流水形ガス熱量計で測定するか、ガスクロマトグラフ法で得られた成分組成から計算によって求める。
- (2) 酸水素炎燃焼式ジメチルスルホナゾⅢ滴定法は、ガソリン、灯油、軽油等の硫黄分の定量に用いられる。
- (3) 重油中の窒素分の定量に要する時間は、微量電量滴定法のほうがマクロケルダール法より短い。
- (4) 石炭の工業分析における固定炭素は、試料を燃焼して生成した CO_2 を吸収剤に吸収させ、その CO_2 吸収量から求める。
- (5) 石炭中の全硫黄の定量は、エシュカ法又は高温燃焼法のいずれかの方法で行う。

 ヒント

燃料の試験方法に関する出題である。気体燃料については一般成分分析法、特殊成分分析法及び発熱量測定方法などが、液体燃料については硫黄分、窒素分の定量方法及び発熱量測定方法などが、また固体燃料については工業分析方法、元素分析方法及び発熱量測定方法などが、JIS に規定されている。

- (1) 気体燃料の発熱量は、ユニカース式流水形ガス熱量計で測定するか、ガスクロマトグラフ法で得られた成分組成から計算によって求める。前者では、気体燃料をバーナーで燃やして発生した熱の総量を流水に吸収させる。流水の温度差及び流量、気体燃料の流量から発熱量を求める。正しい。
(テキスト 3.7.1-1(4))
- (2) JIS に規定されている原油及び石油製品の硫黄分を定量する方法は、酸水素炎燃焼式ジメチルスルホナゾⅢ滴定法、微量電量滴定式酸化法、燃焼管式空気法、放射線式励起法、ボンベ式質量法、紫外蛍光法、波長分散蛍光 X 線法である。酸水素炎燃焼式ジメチルスルホナゾⅢ滴定法の適用油種は、ガソリン、灯油、軽油である。正しい。(テキスト 3.7.1-2(2))

- (3) JISに規定されている原油及び石油製品の窒素分定量方法には、微量電
量滴定法、化学発光法及びマクロケルダール法がある。微量電量滴定法及
び化学発光法は機器分析法であり、所要時間は5～10分間である。マク
ロケルダール法は湿式化学分析法であり、試料の分解時間だけでも7～10
時間かかる。正しい。(テキスト 3.7.1-2(4))
- (4) 石炭類及びコークス類の工業分析方法(JIS M 8812)では、水分、灰分及び
揮発分を定量するが、固定炭素は計算で求める。試料を燃焼して生成した
二酸化炭素(CO₂)を吸収剤に吸収させ、その吸収量から求めるのではない。
誤り。(テキスト 3.7.1-3(2))
- (5) 石炭類及びコークス類の元素分析方法(JIS M 8813)には、炭素、水素、
全硫黄、灰中の硫黄、窒素、りん、酸素及び石炭類の二酸化炭素(炭酸塩
として)の定量方法が規定されている。全硫黄の定量方法には、エシユカ
法又は高温燃焼法がある。正しい。(テキスト 3.7.1-3(3))

☺問12：正解 (4)



大気特論：H19 問12, H20 問12, 大気関係技術特論：H18 問7, H20 問7

Question

問13 試料ガス採取における測定成分とダストのろ過材の組合せとして、誤っているものはどれか。

(測定成分)	(ろ過材)
(1) 硫黄酸化物	四ふっ化エチレン樹脂
(2) シアン化水素	多孔質セラミックス
(3) アンモニア	ステンレス鋼網
(4) 塩素	焼結ガラス
(5) ふっ化水素	シリカウール

 ヒント

排ガス試料採取方法に関する出題である。試料採取に用いる採取管の材質については時々出題されていたが、ろ過材についての出題は珍しい。考え方は、幾つかの点を除いて採取管もろ過材もほぼ同じである。

塩素及び塩化水素に対して、ステンレス鋼は使用しない。塩素には四ふっ化エチレン樹脂、チタン(採取管)及び多孔質セラミックス(ろ過材)も使用しない。

ふっ化水素はガラス等に含まれるケイ酸(SiO_2)と反応するので、ケイ酸を含むシリカガラス、セラミックス、シリカウール、無アルカリガラスウール、焼結ガラスなどは使用しない。

また、ステンレス鋼網、焼結ステンレス鋼は、ふっ化水素(HF)を含むガスのろ過材には使用しない。硫黄酸化物(SO_x)、窒素酸化物(NO_x)、シアン化水素(HCN)、アンモニア(NH_3)などは、ここに掲げたどの材質も使用可能である。

したがって、(1)～(4)は正しく、(5)が誤りである。(テキスト 3.7.3-1(3))

表 採取管，導管，ろ過材などの材質と使用例

部 品	採取管・分岐管					導 管				接 手 管		ろ 過 材									
材 質	硬質ガラス	シリカガラス	ステンレス鋼 ^{*2}	チタン	セラミックス	四ふっ化エチレン樹脂	硬質ガラス	シリカガラス	ステンレス鋼 ^{*2}	四ふっ化エチレン樹脂	硬質塩化ビニル樹脂	ふっ素ゴム	シリコンゴム	クロロプレンゴム	無アルカリガラスウール	シリカウール	焼結ガラス	ステンレス鋼 ^{*2}	焼結ステンレス鋼 ^{*2}	多孔質セラミックス	四ふっ化エチレン樹脂
最高使用温度(℃) ^{*1}	400	1000	800	800	1000	200	400	1000	800	200	70	180	150	80	400	1000	400	700	700	1000	200
測定成分	硫黄酸化物	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	窒素酸化物																				
	一酸化炭素																				
	硫化水素																				
	シアン化水素																				
	酸素																				
	アンモニア	○	○	○	○	○	○	○	○	○		○	○		○	○	○	○	○	○	○
	塩素	○	○			○		○	○			○	○		○	○	○				
塩化水素	○	○		○	○	○	○		○	○	○	○		○	○	○				○	
ふっ化水素	○		○	○		○	○		○	○	○	○								○	
メルカプタン	○	○		○	○	○	○		○		○	○		○	○	○					

(注) ^{*1} 四ふっ化エチレン樹脂を短時間使用する場合には260℃。

^{*2} JIS G 2459 及び JIS G 4303 に規定するステンレス鋼の材質には、SUS 304(18Cr-8Ni)、SUS 316(18Cr-12Ni-2.5Mo)、SUS 316 L(18Cr-12Ni-2.5Mo-低C)などがあり、測定対象成分及び共存成分に応じて選択する。SUS 316 及び SUS 316 L は、NO_x測定において、NH₃が共存する場合には、ステンレス鋼中のモリブデン(Mo)が触媒作用をして、負の誤差を生じる。

☺問 13：正解 (5)



大気特論：H19 問 13，大気関係技術特論：H19 問 7

Question

問14 JISの紫外線蛍光方式による排ガス中のSO₂自動計測器に関する記述として、誤っているものはどれか。

- (1) 試料ガス中のSO₂が紫外線を吸収して生じる蛍光の強度から濃度を求める。
- (2) 出力は、SO₂濃度0～数千ppmの範囲で直線関係がある。
- (3) 試料ガス流量の影響を受けにくい。
- (4) 光源部、蛍光室及び測光部を直線上に配置する。
- (5) 芳香族炭化水素など蛍光を発する物質は、スクラバーなどで除去する。

 ヒント

JISによる排ガス中の二酸化硫黄(SO₂)自動計測器には、溶液導電率方式、赤外線吸収方式、紫外線吸収方式、紫外線蛍光方式及び干渉分光方式がある。

紫外線蛍光方式では、試料ガス中のSO₂が190～230nmの領域の紫外線を吸収して生じる励起状態のSO₂*(*は励起状態であることを表す)から発生する蛍光の強度から濃度を求める。試料ガス流量の影響を受けず、出力は0～数千ppmの広い濃度範囲で直線関係があるなどの特徴を持つ。芳香族炭化水素など蛍光を発する物質は妨害となるので、スクラバーなどで除去する。

紫外線蛍光分析計では、光源からの光を蛍光室中の試料に照射し、光源からの光とは直角の方向から蛍光を測定する。光源、蛍光室及び測光部を直線上に配置すると、光源からの光が測光部に入って蛍光の測定を妨げるので望ましくない。

したがって、(1)～(3)及び(5)は正しく、(4)が誤りである。

(テキスト3.7.5(4)④)

◎問14：正解(4)



Question

問15 JISの化学発光方式による排ガス中の NO_x 自動計測器の構成要素として、誤っているものはどれか。

- (1) オゾン発生器 (2) 光源 (3) 反応槽
(4) 測光部 (5) オゾン分解器

 ヒント

JISによる排ガス中の NO_x （一酸化窒素(NO) + 二酸化窒素(NO_2))の自動計測器には、化学発光方式、赤外線吸収方式、紫外線吸収方式、差分光吸収方式がある。

化学発光方式の分析計では、反応槽で NO とオゾンを反応させる。このとき生成する NO_2 の一部は励起状態になり(NO_2^* と表す。)、これが基底状態に戻るときにエネルギーを光として放出する(化学発光)。この光を光電子増倍管や半導体光電変換素子から成る測光部で電流に変換して、指示記録する。発光強度はガス中の NO 濃度に比例し、広い濃度にわたって直線関係が存在する。 NO_2 として測定する場合は、 NO_2 - NO コンバーターを用いて NO_2 を NO に変換してから測定する。この方式は、検出感度が高い、干渉成分の影響が比較的少ない、応答速度が速い、などの特徴がある。

CO_2 は励起エネルギーを奪う性質(クエンチング現象)があり、負の誤差を与える。そのため、反応槽内を減圧して、 NO_2^* と CO_2 分子との衝突確率を小さくする方法や、試料ガスを希釈して CO_2 濃度を下げる方法がとられている。検出器には、オゾンが発生させるためのオゾン発生器、反応槽、測光部、測定後のガス中のオゾン分解するためのオゾン分解器、流量制御部などから構成される。化学反応で発生する光を測定するので光源は不要である。

したがって、(1)及び(3)～(5)は正しく、(2)が誤りである。

(テキスト 3.7.7(4)①)

☉問15：正解 (2)



大気特論：H19問15、H20問15