

# 第50回 労働安全コンサルタント試験 (化学安全)

化学安全

1 / 4

注：試験問題は、全部で4問です。問1又は問2から1問、問3又は問4から1問、合計2問を選択して解答用紙に解答を記入してください。また、問3及び問4の解答は、計算過程も記入してください。

---

問 1 危険物乾燥設備に関して以下の設問に答えよ。

- (1) 危険物乾燥設備に設ける爆発戸や爆発孔（爆発放散口）とはどのようなものか述べよ。また、設置に当たっての留意点を述べよ。
- (2) 危険物乾燥設備には、爆発戸等を必要としない耐爆発圧力衝撃乾燥設備というものがある。耐爆発圧力衝撃乾燥設備とはどのようなものか述べよ。
- (3) 気体燃料又は液体燃料を熱源として使用する危険物乾燥設備の燃焼装置において、爆発・火災の防止上必要な措置を四つ述べよ。
- (4) 危険物乾燥設備においては、強制換気を行う等により危険物の濃度が爆発下限界の値の30%以上とならないようにすることが基本であるが、一定の措置を講じた場合、危険物の濃度を爆発下限界の値の50%以下とすることができる。この措置について簡潔に述べよ。
- (5) エタノールなどの有機溶剤を含浸させた粉体を乾燥させる場合には、可燃性のガス・蒸気と粉体のハイブリット混合物として危険性を評価しなければならない。評価に当たって、どのような点に注意すべきか述べよ。

問 2 物質によっては、空気中で酸化することにより自然発火することがある。図1及び図2は、ある物質が保管されているときの発熱速度と放熱速度を、横軸を温度として表したものである。以下の設問について答えよ。

なお、熱収支としては、「発熱」、「放熱」及び「蓄熱」の3項目のみを考えるものとする。

- (1) 保管時の物質の初期温度が図1中の $T_2$ の場合では温度が上昇し続けて自然発火に至る可能性があるが、 $T_1$ の場合では自然発火しない。熱収支を基にしてその理由を述べよ。
- (2) 保管時の物質の初期温度が $T_2$ でも、設問(1)の場合より発熱速度を小さくすれば温度が上昇しないようにできる。
  - ① 図1に記載されている発熱速度曲線を参考に、このときの発熱速度曲線の例を解答用紙の図1に記せ。
  - ② ①で記した発熱速度曲線の例の場合、どの温度で平衡に達するか、解答用紙の図1の横軸(温度)上の該当する温度に矢印を記せ。また、その温度で平衡になる理由を述べよ。
- (3) 放熱環境を変えると、図2のパターン1又はパターン2のように放熱速度を示す直線が変化する。これらは放熱環境のどのような変化に対応するか、それぞれのパターンについて述べよ。
- (4) 図1において保管時の物質の初期温度が $T_2$ であったとしても、物性によっては必ずしも自然発火に至るわけではない。その理由を述べよ。

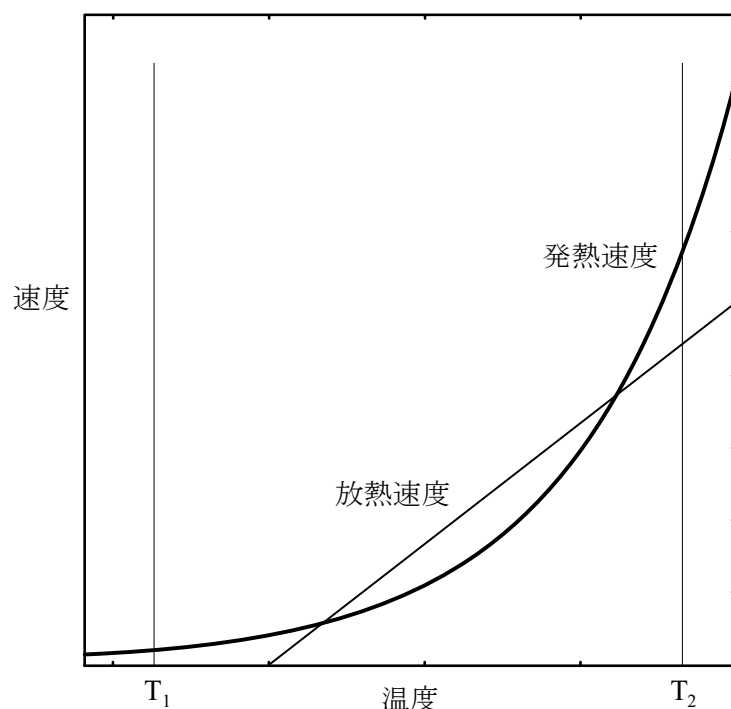


図1

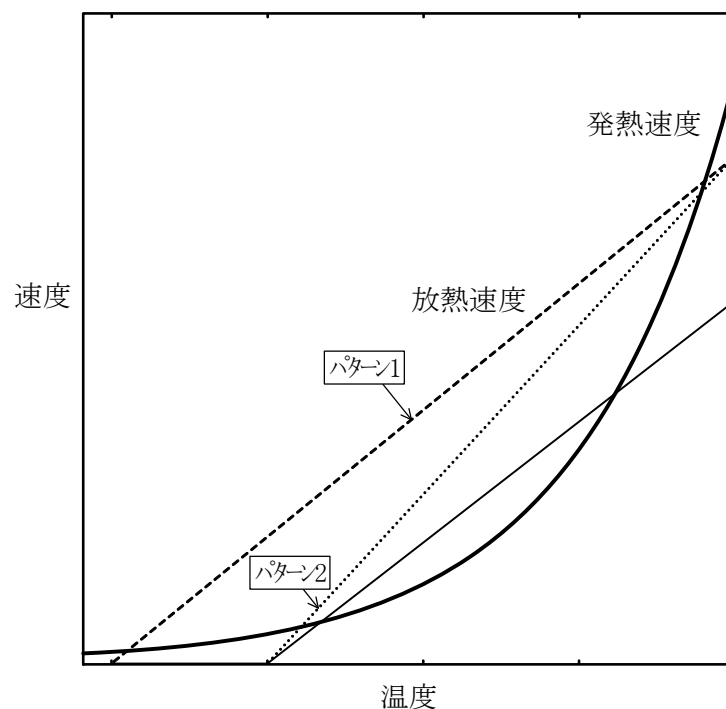


図2

(5) オレイン酸 ( $C_{17}H_{33}COOH$ )、リノール酸 ( $C_{17}H_{31}COOH$ ) 及びリノレン酸 ( $C_{17}H_{29}COOH$ ) を、自然発火のしやすさの順に並べよ。また、以下の表を参考に、その理由を述べよ。

なお、発熱は炭素-炭素二重結合の酸化でのみ生じるものとし、その酸化速度はいずれの二重結合でも同一とする。

	オレイン酸	リノール酸	リノレン酸
分子量	282.46	280.45	278.43
ヨウ素価 (測定値)	90.8	174.2	236.8

- 問 3 可燃性ガスの危険性を示す指標の一つである燃焼速度に関し、以下の設問に答えよ。  
ここで、記号の意味は以下の表 1 のとおりとする。また、燃焼速度は層流における値とする。

表 1 記号の意味

$\rho_u$	未燃焼混合ガスの密度 [kg/m <sup>3</sup> ]
$\rho_b$	既燃焼混合ガスの密度 [kg/m <sup>3</sup> ]
$S_L$	燃焼速度 [cm/s]
$T_u$	未燃焼混合ガスの温度 [°C]
$T_b$	既燃焼混合ガスの温度 [°C]
$T_f$	火炎温度 [°C]
$U_u$	未燃焼混合ガスの速度 [cm/s]
$U_b$	既燃焼混合ガスの速度 [cm/s]
$V_f$	火炎速度 [cm/s]

- (1) ブンゼンバーナーを使い、火炎面の傾きから  $S_L$  を求める。  
① 火炎面が吹出し出口の中心軸と角度  $\theta$  の傾きで形成しているとき、 $S_L$  を  $U_u$ 、 $\theta$  で示せ。  
② 混合ガスをおある濃度に調整して、 $U_u = 50 \text{ cm/s}$  で混合ガスを流しているとき、 $\theta = 30^\circ$  であった。  
このときの  $S_L$  [cm/s] を求めよ。
- (2) ブンゼンバーナーでは火炎面の面積からも  $S_L$  を求めることができる。バーナーの吹出し直径を  $d$  とし、円すい形を仮定した場合の火炎面の面積を  $A_f$  とするとき、 $S_L$  を  $d$ 、 $A_f$ 、 $U_u$  で示せ。
- (3) 円管内を火炎が  $V_f$  で伝播しているとき、 $S_L$  を  $V_f$ 、 $U_u$  で示せ。
- (4) 静止している可燃性ガスの空間内の一点で点火し、火炎が  $V_f$  で伝播しているとき、 $S_L$  を  $V_f$ 、 $\rho_u$ 、 $\rho_b$  で示せ。
- (5) 水素とメタンの  $S_L$  と  $T_f$  が表 2 の場合の  $V_f$  を求める。  
ただし、定圧燃焼とし、 $T_u = 27^\circ\text{C}$ 、 $T_b$  は  $T_f$  に等しいとする。また、燃焼前後の密度比は下の式のように、温度比の逆数で表されるものとする。

$$\frac{\rho_b}{\rho_u} = \frac{T_u + 273}{T_b + 273}$$

- ① 水素と空気の場合の  $V_f$  [cm/s] を求めよ。  
② メタンと空気の場合の  $V_f$  [cm/s] を求めよ。

表 2 空気中での可燃性ガスの燃焼特性 (常温、常圧)

ガス	燃焼速度 $S_L$ [cm/s]	火炎温度 $T_f$ [°C]
水素	290	2050
メタン	33	1900

問 4 火薬類や反応性物質などの爆発物が強い爆発（爆轟）を起こすと、衝撃波を伴う爆風が発生する。ここで、爆発物の質量  $M$  [kg]、爆発地点  $O$  からの距離  $R$  [m] を用い、(a) 式に示す換算距離  $\lambda$  [ $\text{m} \cdot \text{kg}^{-1/3}$ ] という距離指標を導入すると、爆発物の種類が同じとき、爆発物の質量が異なっても換算距離が等しければピーク圧力  $\Delta p$  [kPa] は等しくなる。また、換算距離とピーク圧力の関係は、比例定数  $k$  と減衰定数  $n$  を用いて (b) 式で近似できることが知られている。この二つの式を用いて、以下の設問に答えよ。

$$\lambda = R \cdot M^{-1/3} \quad \dots\dots\dots (a)$$

$$\Delta p = k \cdot \lambda^{-n} \quad \dots\dots\dots (b)$$

(1) 爆発物 A が爆発した際、その質量が 64 kg のとき、距離 40 m の地点でのピーク圧力は 4 kPa と測定された。

- ① 爆発地点  $O$  からの距離が  $R$  [m] である地点の換算距離  $\lambda$  を  $R$  を用いた式で表せ。
- ② 爆発物 A の質量が  $M_A$  [kg] のとき、爆発地点  $O$  から  $\Delta p = 4$  kPa となる地点 B までの距離  $R_B$  [m] を、 $M_A$  を用いた式で表せ。

(2) 質量  $M_1$  [kg] の爆発物 A の爆発では、爆発地点  $O$  からの距離が 20 m の地点 C におけるピーク圧力は 4 kPa、爆発地点  $O$  からの距離が 40 m の地点 D でのピーク圧力は 2 kPa であった。

- ① 減衰定数  $n$  の値を求めよ。
- ② 爆発地点  $O$  からピーク圧力が 0.5 kPa となる地点 E までの距離 [m] を求めよ。

(3) 質量  $M_2$  [kg] の TNT (トリニトロトルエン) を爆発させたところ、爆発地点  $O$  からピーク圧力が 4 kPa となる地点 F までの換算距離は  $20 \text{ m} \cdot \text{kg}^{-1/3}$  であった。

- ① 爆発地点  $O$  で爆発物 A を爆発させたとき、地点 F におけるピーク圧力が TNT の爆発と同じく 4 kPa になるのは、爆発物 A の質量  $M_3$  が TNT の質量  $M_2$  の何倍であるときか求めよ。
- ② 爆発の爆風による被害は、爆発物 A を等価な TNT に置き換えることにより評価できる。この置き換えにおいては、同じ距離で同じピーク圧力となるときの両者の発熱量の比、すなわち下式で求まる TNT 収率が用いられる。

$$\text{TNT 収率 [\%]} = \frac{\text{TNT の発熱量 [kJ]}}{\text{爆発物 A の発熱量 [kJ]}} \times 100$$

熱分析装置により 2 物質の発熱量を測定したところ、爆発物 A は 3.28 kJ/g、TNT は 4.20 kJ/g であった。爆発物 A の TNT 収率 [%] を求めよ。