

第51回 労働安全コンサルタント試験 (化学安全)

051017

化学安全

1/3

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 可燃性粉じんを集じんする集じん機及び集じんダクトにおける爆発・火災の防止対策に関して、以下の設問に答えよ。

- (1) ろ過式の集じん機に用いるバグフィルターについて、ろ布に求められる特性及びろ布の集じん機への取付けにおける留意事項について述べよ。
- (2) 枝管と本管から構成される集じんダクトの設置、稼働における留意事項を三つ述べよ。
- (3) 集じん機が爆発した場合の被害軽減対策について、集じん機を屋内に設置する場合及び屋外に設置する場合に分けて述べよ。
- (4) 湿式の集じん機の特徴と使用上の留意事項を述べよ。

問 2 産業現場においては、可燃性ガスのガス漏れの検知のためにガス警報器（ガス検知器）が使用されている。ガス警報器（ガス検知器）には、ガス検知の原理により、「接触燃焼式」、「半導体式（セラミック式）」、「光波干渉式」、「赤外線吸収式」、「熱伝導度式」などの種類がある。これらのガス警報器（ガス検知器）について、以下の設問に答えよ。

- (1) 上記に示した5種類のガス検知方式について、その測定原理及び特徴を述べよ。
- (2) ガス警報器（ガス検知器）には、吸引ポンプなどにより強制的にガスを採取する方式のものがある。この方式の有用性について述べよ。
- (3) ガス警報器（ガス検知器）の設置位置の選定に当たっての基本的な考え方について述べよ。また、以下の①～③に挙げたガスを取り扱う場所にガス警報器（ガス検知器）を設置する場合の適切な設置位置について述べよ。
 - ① 水素ガス
 - ② LPG
 - ③ 都市ガス（天然ガス）
- (4) ガス警報器（ガス検知器）の維持管理のために実施すべき事項について述べよ。

問 3 製品の乾燥室内において有機溶剤を含む製品の乾燥作業をしている。換気を行わないと乾燥室内の有機溶剤の蒸気の濃度が上昇し、爆発が起きる濃度に達するおそれがあるため、適切に換気を行う必要がある。

換気を行うと、送り込んだ空気は乾燥室内の気体と混合し、この混合した気体が乾燥室外に排出される。乾燥室内の有機溶剤の蒸気の濃度が常に均一であるとみなすことができるとした場合に、以下の設問に答えよ。

ただし、乾燥により発生する有機溶剤の蒸気量は、一定の値 M と仮定し、また、外気は清浄空気とする。使用する記号は次のとおりとする。

C : 乾燥室内の有機溶剤の蒸気の濃度 [mol/m³]、 t : 時間 [min]、 Q : 換気量 [m³/min]、

C_0 : 乾燥室内の有機溶剤の蒸気の初期濃度 [mol/m³]、 V : 乾燥室の容積 [m³]、

M : 有機溶剤の蒸気の発生量 [mol/min]

(1) 微小時間の有機溶剤の蒸気量の変動に着目し、以下の手順で④の式を導け。

- ① 微小時間 Δt の間に乾燥室外に排出される有機溶剤の蒸気量 [mol] を C 、 Q 、 Δt を用いて表せ。
- ② 微小時間 Δt の間に乾燥室内に発生する有機溶剤の蒸気量 [mol] を M 、 Δt を用いて表せ。
- ③ 微小時間 Δt の間の乾燥室内の有機溶剤の蒸気の濃度変化を ΔC [mol/m³] とするとき、乾燥室内の有機溶剤の蒸気の増加量 [mol] を V 、 ΔC を用いて表せ。
- ④ ②の発生量から①の排出量を差し引いた値は、③の増加量と等しくなる。この関係を式で表せ。

(2) 設問 (1) の手順で求められた式を微分方程式に直して解くと、次の換気の式が得られる。この式を用いて次の問に答えよ。

ただし、乾燥室の容積 V は 20 m³、乾燥室内の有機溶剤の蒸気の初期濃度 C_0 は 0.40 mol/m³、自然対数の底 e は 2.72 とする。

また、解答は有効数字 3 桁目を四捨五入し、有効数字 2 桁で答えよ。

$$C = C_0 e^{-nt} + (M/Q) \times (1 - e^{-nt}) \quad \text{ただし、} n = Q/V$$

- ① 有機溶剤の蒸気の発生量 M が 0.20 mol/min で、換気量 Q が 1.0 m³/min のとき、40 分後の乾燥室内の有機溶剤の蒸気の濃度 C_1 [mol/m³] を求めよ。
- ② 有機溶剤の蒸気の発生量 M が 0.20 mol/min で、換気量 Q が 5 倍の 5.0 m³/min のとき、8 分後の乾燥室内の有機溶剤の蒸気の濃度 C_2 [mol/m³] を求めよ。
- ③ 有機溶剤の蒸気の発生量 M が 0 ではない場合、換気時間をいくら長くしても、乾燥室内の有機溶剤の蒸気の濃度 C はある値を下回ることはない。①の有機溶剤の蒸気の発生量及び換気量のとき、その濃度 C_3 [mol/m³] を求めよ。
- ④ 設置してあった換気装置を稼働させず自然換気による換気を行った場合、乾燥室内の有機溶剤の蒸気の濃度 C_4 [mol/m³] がこの有機溶剤の爆発下限界濃度 2.0 mol/m³ を超えるかどうか、根拠を示して判定せよ。

ただし、自然換気は、①の換気量の 1/20、すなわち 0.05 m³/min に相当するものとし、有機溶剤の蒸気の発生量 M は 0.20 mol/min とする。

問 4 可燃性液体の爆発火災危険性評価のためには、その引火点や爆発下限界を把握することが必要である。可燃性液体の引火点は、その蒸気圧と大気圧の比率がその爆発下限界相当であるときの液温と考えることができる。爆発下限界は、同族の炭化水素化合物の場合、ほぼ同じ値とみなすことができると仮定して、ベンゼンのデータからトルエンの引火点を推定したい。以下の設問に答えよ。

ただし、 $0^{\circ}\text{C} = 273.15\text{ K}$ 、気体定数 $R = 8.31\text{ J}/(\text{K}\cdot\text{mol})$ 、大気圧を 0.1 MPa (100000 Pa)、 77°C におけるベンゼンの爆発下限界を $1.40\text{ 容量}\%$ 、沸点を 80.1°C 、水素の原子量を 1 、炭素の原子量を 12 とする。

また、以下の計算では、必要に応じて、対数値として $\log 2 = 0.3010$ 、 $\log 3 = 0.4771$ 、 $\log 5 = 0.6990$ 、 $\log 7 = 0.8451$ の値を用いよ。

- (1) ベンゼン、トルエンの組成式を示し、それぞれの分子量を計算せよ。
- (2) 1 リットル の容器にベンゼン 100 mg を入れた。このベンゼンはその後全て蒸発し、容器内に均一に広がったものとする。このとき、容器内の気体がベンゼンの爆発下限界を超えているか判定せよ。
なお、ベンゼン蒸発後の容器内の状態は 77°C 、大気圧であったとする。
- (3) ベンゼンのある温度 T (絶対温度) [K]における蒸気圧 P [Pa]については、次の式で表すことができる。
①及び②の間に答えよ。

$$\log P = A \times (1/T) + B$$

- ① ベンゼンのある2点の温度における蒸気圧 P は、表のとおりであった。この数値から、上記の式の係数 A 、 B を求めよ。

表 ベンゼンの温度と蒸気圧

温度 [$^{\circ}\text{C}$]	-16.6	55.9
蒸気圧 [Pa]	1200	51200

- ② 上記の式は、ベンゼン、トルエンの沸点以下の温度と蒸気圧の間で成立しており、係数 A は両者で同じとみなせるものとする。トルエンの沸点を 110.6°C として、①の結果を用いて、 20°C でのトルエンの蒸気圧の対数値 ($\log P_t$) を計算せよ。

なお、沸点とは液体の蒸気圧が大気圧に等しくなるときの温度である。

- (4) トルエンの爆発下限界がベンゼンと同じであるとして、トルエンの引火点 [$^{\circ}\text{C}$] を求めよ。