

# 第48回 労働安全コンサルタント試験 (化学安全)

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 「化学品の分類および表示に関する世界調和システム」(The Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals : GHS)での物理化学的危険性について以下の設問に答えよ。

(1) 次に示す5種類の危険有害性クラスについて、それぞれどのような危険性であるかを説明せよ。また、該当する物質の例をそれぞれ一つ挙げよ。

- ① 爆発物
- ② 酸化性ガス
- ③ 自然発火性固体
- ④ 水反応可燃性化学品
- ⑤ 有機過酸化物

(2) 次に示す2種類の危険有害性クラスについて、その危険性の区分を判定するために必要な指標をそれぞれ答えよ。また、その指標を得るために行うそれぞれの試験方法について、簡潔に説明せよ。

- ① 可燃性ガス
- ② 引火性液体

問 2 ガス溶接・溶断作業における爆発・火災の危険性について、以下の設問に答えよ。

(1) 逆火に関して、

- ① 逆火とはどのような現象か、説明せよ。
- ② 逆火が起こる原因を五つ述べよ。

(2) 逆火防止用の安全器の例を二つ挙げ、構造と作動原理を説明せよ。

(3) 次のタンク・サイロをガス溶断で解体する際の爆発・火災の危険性とその防止対策をそれぞれ150字程度以内で説明せよ。

- ① ガソリントank
- ② 木材チップサイロ

問 3 気体を圧縮し容積を小さくすると、気体の温度が上昇する。高圧気体を取り扱う設備においては、素早いバルブの操作などにより圧縮され、気体の温度が急上昇し、この温度上昇が原因となって可燃性物質の着火が起こり、ときには火災や爆発災害の引き金になることがある。

この気体の温度上昇は、その気体から外部に熱が散逸しない状態（断熱状態）のときに最も大きくなる。以下に示す手順に従い、その温度を求める計算式を導き、圧縮された気体の温度を求めよ。なお、気体は理想気体とみなしてよい。

また、使用している記号の一覧を次に示す。

$P$ : 絶対圧力[Pa]、 $V$ : 容積[m<sup>3</sup>]、 $T$ : 絶対温度[K]、 $Q$ : 熱量[J]、 $U$ : 内部エネルギー[J]、 $W$ : 仕事[J]、 $n$ : モル数[mol]、 $C_v$ : 定積比熱[J・kg<sup>-1</sup>・K<sup>-1</sup>]、 $C_p$ : 定圧比熱[J・kg<sup>-1</sup>・K<sup>-1</sup>]、 $R$ : 気体定数[J・mol<sup>-1</sup>・K<sup>-1</sup>]、 $\gamma$ : 比熱比[-]、 $d$ 付きの記号は微小量を表す。

(1) ある平衡状態 ( $P$ ,  $V$ ,  $T$ ) から微小な変化を加えた結果 ( $P + dP$ ,  $V + dV$ ,  $T + dT$ ) へ準静的に変化したとする。圧縮前 ( $P$ ,  $V$ ,  $T$ ) と圧縮後 ( $P + dP$ ,  $V + dV$ ,  $T + dT$ ) のそれぞれについて、理想気体の状態方程式を示せ。

(2) 上記 (1) で求めた式を連立させ、準静的過程における理想気体の微小な状態変化 ( $dP$ ,  $dV$ ,  $dT$ ) の関係式を求めよ。なお、微小量 ( $dP$ ,  $dV$ ,  $dT$ ) の2乗項は非常に小さいとしゼロとしてよい。

(3) 熱力学の第1法則  $dQ = dU + dW$  において、内部エネルギーの微小変化  $dU$  は  $n C_v dT$ 、気体の微小仕事  $dW$  は  $P dV$  である。また、断熱状態であれば微小熱量  $dQ$  はゼロである。以上を用い、 $dT$  と  $dV$  の関係式を求めよ。

(4) 上記 (2) と (3) で求めた式を連立させた後に積分を行い、断熱状態での関係式（ポアソンの法則） $PV^\gamma = \text{一定}$ を導け。

ただし、比熱比  $\gamma = C_p / C_v = (C_v + R) / C_v$  とする。

(参考) 積分公式  $\int \frac{dX}{X} = \log X + C$  (積分定数)

(5) 理想気体の状態方程式により、ポアソンの法則を  $T$  と  $V$  の関係式に変形せよ。

(6) いま使用しているコンプレッサーは圧縮比 10 であるが、この圧縮比を仮に 18 まで上昇させたとした場合、気体の温度が圧縮比 10 のときよりも何℃高くなるかを上記 (5) の結果を利用して計算せよ。

なお、給気空気の温度は 27℃、 $\gamma = 1.4$  とする。必要に応じて次の数値を使用してよい。

$$10^{0.4} = 2.5 \quad 10^{1.4} = 25 \quad 18^{0.4} = 3.2 \quad 18^{1.4} = 57$$

問 4 下図のような配管からのヘキサンの漏洩<sup>えい</sup>に関して、爆発が起こりえる危険箇所の範囲を推定するため、以下の設問に答えよ。

なお、解答の数値は有効数字3桁まで求めよ。

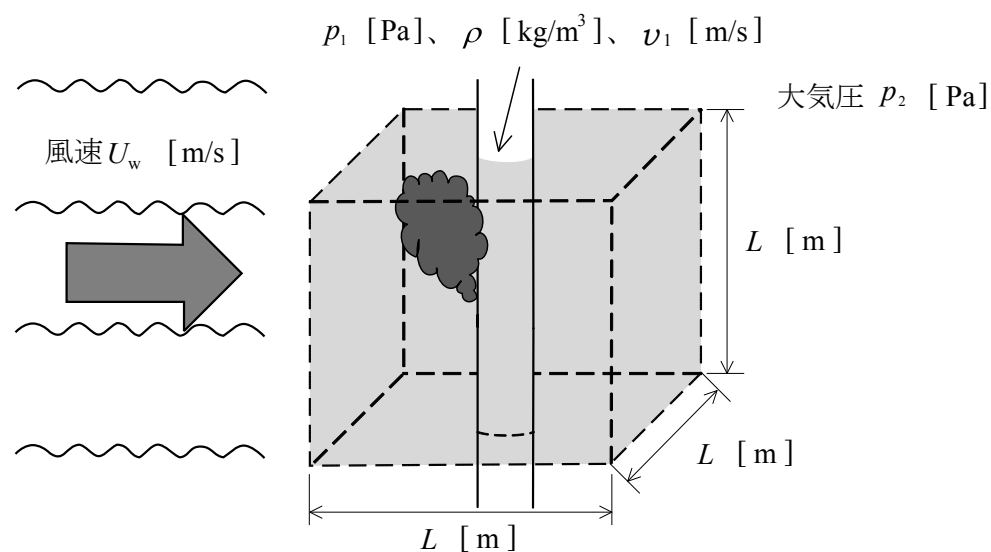


図 配管からの漏洩

(1) ベルヌーイの定理から、非圧縮性・非粘性の液体について、流速  $v$ 、圧力  $p$ 、密度  $\rho$  の間に以下の式

$$\frac{v^2}{2} + \frac{p}{\rho} = \text{const.}$$

が成り立つ。配管内の液体の流速  $v_1$  を  $0 \text{ m/s}$ 、圧力を  $p_1 \text{ [Pa]}$ 、配管外部の大気圧を  $p_2 \text{ [Pa]}$ 、液体の密度を  $\rho \text{ [kg/m}^3\text{]}$  とし、この配管に穴が開いた際に、漏洩する液体の速度  $v_2 \text{ [m/s]}$  を計算する式を記せ。

(2) 液体のヘキサンを運ぶ配管から大気中に漏洩が発生した場合、穴からの流速はいくらになるか計算せよ。ただし、配管内の圧力をゲージ圧で  $50 \text{ kPa}$ 、ヘキサンの密度を  $0.64 \text{ g/cm}^3$ 、配管内での流速を  $0 \text{ m/s}$  とする。

(3) 上記(2)において、穴の大きさが  $1 \text{ mm}^2$  のとき、単位時間当たりに漏洩する液体のヘキサンの体積を求めよ。

(4) 上記(3)で求めた液体のヘキサンが、漏洩後速やかに全量蒸発するとき、単位時間に発生する気体のヘキサンの体積を求めよ。

ただし、液体ヘキサンの密度は  $0.64 \text{ g/cm}^3$ 、外気は  $25 \text{ }^\circ\text{C}$ 、 $0.1 \text{ MPa}$ 、気体定数は  $8.31 \text{ J/(K} \cdot \text{mol)}$  とし、ヘキサンの気化に伴う温度低下は無視できるものとする。

(5) 上記(2)の漏洩した配管は野外に設置されていた。今、風速  $U_w \text{ [m/s]}$  の風が吹いている中で、漏洩部分を含む一辺  $L \text{ [m]}$  の立方体の空間を、図のとおりその一つの面が風向に垂直になるように考えた場合、この空間に単位時間に吹き込む空気の体積を表す式を記せ。

(6) 上記(4)で求めた時間当たりのヘキサンの漏洩体積と、上記(5)で求めた風によって入ってくる空気との比が、丁度ヘキサンの爆発下限界になる場合、上図の一辺  $L \text{ [m]}$  はいくらになるか計算せよ。

ただし、風速は  $0.5 \text{ m/s}$  とし、ヘキサンの爆発下限界は  $1.1 \text{ vol}\%$  とする。