

平成28年度高圧ガス製造保安責任者試験（記述式）の解答例  
（甲種化学・学識）

【問1の解答例】

(1) ボイル-シャルルの法則より  $pV/T = \text{一定}$ 、また、体積  $V$  は一定であるから、

$$p_1/T_1 = p_2/T_2$$

ここで  $p_2 = 1.5 p_1$  であるから

$$T_2 = 1.5 T_1 = 450 \text{ K}$$

加えた熱を  $Q$  とすると、

$$\begin{aligned} Q &= n C_{mV} (T_2 - T_1) \\ &= n (\text{mol}) \times 20.8 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K}) \times (450 \text{ K} - 300 \text{ K}) \end{aligned}$$

加えた熱  $Q = 10.0 \times 1000 \text{ J}$  なので

$$n = 10.0 \times 1000 / (20.8 \times 150) = 3.21 \text{ mol}$$

(答) 3.21 mol

(2) マイヤーの関係より

$$\begin{aligned} C_{mP} &= R + C_{mV} \\ &= 8.314 + 20.8 \\ &= 29.114 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K}) \\ &\doteq 29.1 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K}) \end{aligned}$$

したがって、

$$\begin{aligned} Q &= n C_{mP} (T_3 - T_1) \\ &= 3.21 \times 29.1 \times (T_3 - 300) \end{aligned}$$

加えた熱  $Q = 10.0 \times 1000 \text{ J}$  なので

$$\begin{aligned} T_3 &= 10.0 \times 1000 / (3.21 \times 29.1) + 300 \\ &= 407.05 \text{ K} \\ &\doteq 407 \text{ K} \end{aligned}$$

(答) 407 K

【問2の解答例】

(1) 一般に液体において、単位圧力変化当たりの体積変化の割合は、単位温度変化当たりの体積変化の割合に比べて非常に小さい。したがって、液化ガス容器において、気相部分がなくなるまで充てんした場合、温度が上昇したときに、容器に過大な圧力が生じるからである。

(2) 温度が $\Delta T$ だけ上昇した時の体積増加を $\Delta V$ とすると、

$$\Delta V = V\alpha_v \Delta T$$

$\Delta V$ だけ圧縮するのに必要な圧力を $\Delta p$ とすると、

$$\Delta V = V\kappa_T \Delta p$$

したがって、

$$\alpha_v \Delta T = \kappa_T \Delta p \text{ より}$$

$$\alpha_v = \kappa_T \Delta p / \Delta T$$

$$= 4.2 \times 10^{-9} \times (5 \times 10^6) / 10$$

$$= 2.1 \times 10^{-3} \text{ K}^{-1}$$

(答)  $2.1 \times 10^{-3} \text{ K}^{-1}$

【問3の解答例】

$$(1) \quad -\frac{d[A]}{dt} = k_1[A]$$

$t = 0$ のとき、 $[A] = [A]_0$ の条件で積分すると、

$$[A] = [A]_0 \exp(-k_1 t)$$

$$(答) \quad -\frac{d[A]}{dt} = k_1[A], \quad [A] = [A]_0 \exp(-k_1 t)$$

$$(2) \quad (答) \quad \frac{d[C]}{dt} = k_2[B]$$

$$(3) \quad (答) \quad \frac{d[B]}{dt} = k_1[A] - k_2[B]$$

(4)  $[B] \doteq 0$ なので、 $[C]$ の時間変化は、

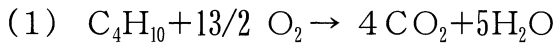
$$\begin{aligned} [C] &= [A]_0 - [A] - [B] \doteq [A]_0 - [A] \\ &= [A]_0 \{1 - \exp(-k_1 t)\} \end{aligned}$$

$$(答) \quad [C] = [A]_0 \{1 - \exp(-k_1 t)\}$$

【問4の解答例】

物 質		プロピレン	シアン化水素
性質・用途		<p>常温下では無色の可燃性・引火性の気体。2重結合を1個もちエチレンと同様に付加反応を行う。</p> <p>有機合成化学用原料としての用途が多い。重合反応によりポリプロピレン、エチレン・プロピレンコポリマー、酸素酸化によりプロピレンオキシド、プロピレングリコール、ベンゼンのアルキル化反応により、クメン、フェノール、水和反応により 2-プロパノール、アセトン、アンモ酸化によりアクリロニトリルなどが合成できる。</p>	<p>沸点 25.7 °C、無色、透明の可燃性ガスで、特有のアーモンドのような臭いがある。水分またはアルカリ性物質などを含むと重合が促進され褐色の固体を生成する。重合は発熱反応で、自触作用があるため、ときには爆発することもある。猛毒で吸入すると中枢神経に作用し呼吸機能を麻痺させる。シアン化水素は水に溶けて弱酸性を示す。酸を用いて加水分解すると、ホルムアルデヒドを経てギ酸とアンモニアになる。</p> <p>メタクリル酸メチル、ヘキサメチレンジアミンの他、乳酸、青化ソーダなどの合成に用いられる。</p>
工業的製造法	原料	<p>ナフサ 重質油 プロパン</p>	<p>プロピレン、アンモニア、空気 メタン、アンモニア、空気</p>
	製造プロセス（化学反応とその触媒、プロセスの特徴など）	<p>1) ナフサや液化石油ガスの熱分解（クラッキング）により、エチレンの副産物として得られる。</p> <p>2) 製油所で重質油の流動接触分解（FCC: Fluid Catalytic Cracking）によりガソリンの副産物として得られる。シリカアルミナ触媒またはゼオライト触媒が用いられる。</p> <p>3) プロパンの脱水素</p>	<p>1) 工業的には、Sohio 法（プロピレンとアンモニアを空気とともに流動層接触分解させる）によるアクリロニトリル製造の際の副生物から回収する。</p> $\text{CH}_2 = \text{CHCH}_3 + 3\text{NH}_3 + 3\text{O}_2 \rightarrow 3\text{HCN} + 6\text{H}_2\text{O}$ <p>2) 白金触媒上でメタンとアンモニアを空気酸化させることによって合成する方法もある（Andrussow 法）。反応は火炎反応で 0.2~0.3 MPa、1100 °C において <math>10^{-9}</math>~<math>10^{-8}</math> 秒反応させ急冷する。</p> $2\text{CH}_4 + 2\text{NH}_3 + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{HCN} + 6\text{H}_2\text{O}$

【問5の解答例】



1 mol のブタンが完全燃焼する場合、4 mol の $CO_2$ と5 mol の $H_2O$ 分子が生成することから標準燃焼エンタルピーは、

$$4 \times (-393.5) + 5 \times (-241.8) - (-125.6) = -2657.4 \approx -2660 \text{ kJ/mol}$$

したがって燃焼熱は、2660 kJ/mol となる。

(答) 2660 kJ/mol

(2) 単位時間・単位表面積当たり放射されるエネルギー $E_b$ は、

ステファン-ボルツマンの式  $E_b = \sigma T^4$  より

$$E_b = (5.6687 \times 10^{-8}) \times 2000^4 = 90.7 \times 10^4 \text{ W/m}^2 \\ = 907 \text{ kW/m}^2$$

(答) 907 kW/m<sup>2</sup>

(3) このファイアボールの放射エネルギーは

ファイアボールの表面積×継続時間× $E_b$

$$= 4 \times 3.14 \times 140^2 \times 20 \times 907 = 4.47 \times 10^9 \text{ kW} \cdot \text{sec} \\ = 4.47 \times 10^9 \text{ kJ}$$

(1) の結果よりブタンの燃焼熱は、2660 kJ/mol であり

ブタン1 mol は58 g であることから、ファイアボールの形成に寄与したブタンの質量は

$$4.47 \times 10^9 / 2660 \times 58 = 9.75 \times 10^7 \text{ g} (= 97.5 \text{ t})$$

(答) 97.5 t

## 【問6の解答例】

### (1) TNT換算量

TNT換算量とは、事故などの際に貯槽やプラントなどから漏れ出して爆発に加わる可能性のあった爆発物の総エネルギーと同じエネルギーを発生するTNT火薬の質量である。爆風による被害の大きさを理解するのに便利な量である。

### (2) 発火温度

空气中で点火源なしでガスが自然に発火する温度。実験条件下での発熱と放熱の微妙な釣り合いで決まるので、その値は測定方法によって決まる。

### (3) Fナンバー

可燃性ガスの危険性を示す指標として、爆発の上限界 $U$ と下限界 $L$ から計算される量であり、燃焼性の程度により0から1までの値をとることから、爆発範囲を規格化したものであるといえる。Fナンバーは次式で定義される。

$$F = 1 - (L/U)^{1/2}$$

- 注：1. 電話、FAX、Eメール等での解答例に関する問合せにはお答えできません。  
個人の解答の可否など採点に関する問合せにもお答えできません。
2. 合格基準は、法令、保安管理技術および学識の各科目とも正解率が60%です。  
合格には受験科目のすべてにおいて、合格基準以上の正解率が必要です。
3. 合否の発表等
- ① 合否通知書の発送日：平成29年1月27日（金）  
合否の結果に関わりなく発送します。
  - ② 合格者の受験番号のホームページ掲載日：  
平成29年1月27日（金）午後3時（予定）