

令和3年度高圧ガス製造保安責任者試験
甲種化学・学識（記述式）の解答例

【問1の解答例】

- (1) 最初に容器内に充填されていた気体の物質量を n mol とする。

理想気体の状態方程式 $PV=nRT$ より、

最初の状態

$$1.5 \times 10^6 \cdot V = n \cdot R \cdot 300 \quad \dots \quad \textcircled{1}$$

1.0kg 取り出した後の状態

$$0.5 \times 10^6 \cdot V = (n - 1000/44) \cdot R \cdot 300 \quad \dots \quad \textcircled{2}$$

①式から②式を引いて整理すると

$$1.0 \times 10^6 \cdot V = 1000/44 \cdot R \cdot 300$$

従って、 $R=8.314$ から

$$V = 1000/44 \cdot 8.314 \cdot 300 / (1.0 \times 10^6) = 0.05669$$

(答) 0.057 m^3

- (2) ①式より $n = 1.5 \times 10^6 \cdot 0.05669 / 8.314 / 300 = 34.09 \text{ mol}$

これを kg 単位にすると、 $34.09 \times 44 = 1499.96 \text{ g} = 1.5 \text{ kg}$

(答) 1.5 kg

【問2の解答例】

(1) 等エントロピー膨張後の状態 $p_1 v_1^{1.4} = p_2 v_2^{1.4}$ より

$$p_1 v_1^{1.4} = p_2 \times (2.7)^{1.4}$$

$$p_1 = 2 p_2 \text{ より } 2 p_2 v_1^{1.4} = p_2 \times (2.7)^{1.4}$$

$$\text{これより } v_1^{1.4} = 0.5 \times (2.7)^{1.4} \quad (\text{対数計算})$$

$$v_1 = 1.65$$

(答) 1.65 m^3

(2) 最初の状態 $p_1 v_1 = n R T$ より

$$p_1 = n R T / v_1 = 1000 \times 8.314 \times 300 / 1.65$$

$$= 1.51 \times 10^6$$

(答) $1.51 \times 10^6 \text{ Pa}$
または
 1.51 MPa

【問 3 の解答例】

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

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

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

(3) $t = 0$ のときの A の濃度を $[A]_0$ として 式①を積分することにより、
 $[A] = [A]_0 \exp(-k_1 t)$ ④ が得られる。

(答) $[A] = [A]_0 \exp(-k_1 t)$

(4) 定常状態近似により $\frac{d[B]}{dt} = k_1[A] - k_2[B] = 0$ ⑤ と近似すると、

$[B] = \frac{k_1}{k_2} [A] = \frac{k_1}{k_2} [A]_0 \exp(-k_1 t)$ ⑥ が得られる。

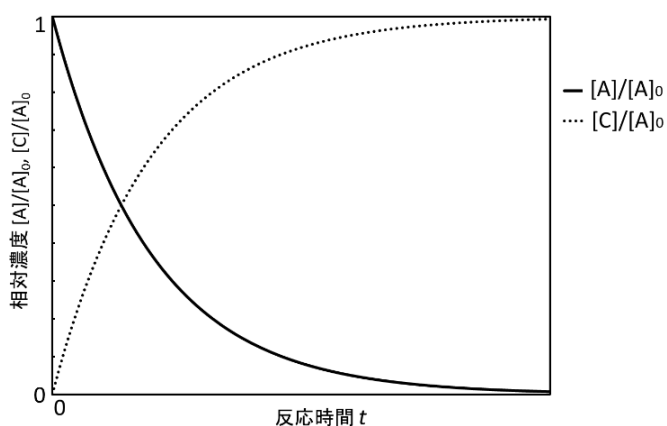
なお、 $k_1 \ll k_2$ の条件では、 $[B] \cong 0$ とみなせる。

また、 $[A]_0 = [A] + [B] + [C]$ のため、 $[C] = [A]_0(1 - \exp(-k_1 t))$ となる。

(答) $[B] \cong 0$

$[C] = [A]_0(1 - \exp(-k_1 t))$

(5)



【問4の解答例】

物質		エチレン	二酸化硫黄
性質・用途		<p>常温下では無色、可燃性の気体。独特の甘いにおいを持つ。水にはほとんど溶けないが、アルコールやエーテルにはよく溶ける。二重結合を1個持つため、付加反応を行う。</p> <p>石油化学工業の最も基本となる原料であり、付加反応では、水素化反応でエタン、塩素の付加反応で二塩化エチレン(1,2-ジクロロエタン)、塩化水素の付加反応で塩化エチルを生じる。水和反応でエタノールを生じる。重合反応で、ポリエチレン、エチレン・プロピレンコポリマー、酸素酸化によりアセトアルデヒド、酸化エチレン(エチレンオキシド)を生じるほか、気相法により酢酸ビニルも生じる。</p>	<p>常温下で、無色、不燃性で毒性の強い気体。強い刺激臭をもつ。安定な気体で、水に溶けて酸性を示す。液化二酸化硫黄中では、非水溶媒として置換反応、両性的性質を示す反応、酸化還元反応、錯化合物生成反応、加溶媒分解反応などが起こる。</p> <p>用途の大部分は硫酸の製造用であり、パルプ工業などでの漂白剤、ナトリウムヒドロサルファイト(亜二チオン酸ナトリウム $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$)の製造にも用いられる。</p>
工業的製法	原料	炭化水素(ナフサ、天然ガス、プロパン、ブタン)、重質油	硫黄、硫化鉄鉱
	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) 上記炭化水素の熱分解(クラッキング)</p> <p>2) 重質油の流動接触分解(FCC: Fluid Catalytic Cracking)。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>	上記の原料の燃焼

【問5の解答例】

(1)

q_1 と破線①で示される q_2 の2つの交点のうち、低温側の交点より低温では、 q_1 が q_2 を上回るので次第にガス温度が上昇する。やがて q_1 と q_2 が交差する温度に達すると、それ以上の温度では q_1 と q_2 の大小が逆転し温度は上昇せず、発火には至らない。

(2)

T_i において発熱速度と熱損失速度がつり合っている。この温度が発火するかしないかの分岐点となっている。すなわち容器温度 T_{W2} が実験から得られる発火温度となる。

(3)

発熱速度 q_1 は常に点線③で示す熱損失速度 q_2 より大きいので、ガス温度は時間とともに継続的に上昇し、やがて発火する。

【問6の解答例】

- (1) 通常の燃焼波が管壁との相互作用やガスの膨張による波面の乱れなどによって次第に燃焼速度が加速する。一方、燃焼速度が加速すると火炎前方に向かって先行する圧縮波に後から発生する圧縮波が追いつき重なって爆ごうに転移する。
- (2) 可燃性ガスと酸化性ガスの混合物を発火させるのに必要な最小のエネルギーは混合ガス組成に大きく依存する。可燃性ガスの濃度と各濃度における発火に必要なエネルギーの関係はU字状曲線を形成し、化学量論組成付近で最低値となる。