

令和4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)

メタンを物質A、プロパンを物質B、モル分率を y とすると、

$$p_{c,mix} = y_A \cdot p_{cA} + y_B \cdot p_{cB} = 0.300 \times 4.6 + 0.700 \times 4.25 = 4.36 \text{ (MPa)}$$

$$T_{c,mix} = y_A \cdot T_{cA} + y_B \cdot T_{cB} = 0.300 \times 191 + 0.700 \times 370 = 316 \text{ (K)}$$

(答) 仮臨界圧力 4.36 MPa
仮臨界温度 316 K

(2)

対臨界温度 $T_r = T/T_c = (106+273) / 316 = 1.20$

対臨界圧力 $p_r = p/p_c = 5.00/4.36 = 1.15$

表を内挿すると、混合気体の圧縮係数 z は0.763となる。

(答) 0.763

(3)

$pV = znRT$ より混合ガスのモル数は、

$$n = PV/zRT = 5.00 \times 10^6 \times 4.00 \times 10^{-3} / (0.763 \times 8.314 \times (106+273)) = 8.32 \text{ mol}$$

容器内のガスの質量 W は

$$W = 16.0 \times 10^{-3} \times 8.32 \times 0.30 + 44.1 \times 10^{-3} \times 8.32 \times 0.70 = 296.8 \times 10^{-3} \text{ (kg)}$$

(答) 0.297 kg

【問2の解答例】

(1)

40°Cにおける容器内の空気の分圧は、 $150 - 7.38 = 142.62$ (kPa)

理想気体の状態方程式 $pV = nRT$ から

$$142.62 \times 10^3 \times 1.0 \times 10^{-2} = n \times 8.314 \times (273.15 + 40)$$

$$n = 1426.2 / (8.314 \times 313.15) = 0.5478$$

(答) 0.548 mol

(2)

空気の物質量は変わらないのでその分圧 p は、 $pV = nRT$ から

$$p \times 1.0 \times 10^{-2} = 0.548 \times 8.314 \times (273.15 + 25)$$

これより $p = 135.8$ (kPa)

25°Cで水蒸気の一部が凝縮しているため、水蒸気分圧は飽和水蒸気圧と考えられる。

$$\text{従って空気のモル分率は } 135.8 / (135.8 + 3.17) = 0.977$$

(答) 0.977

【問3の解答例】

(1) 初め（反応前）の N_2O_4 の物質量を n [mol] とする。

そのときの、 N_2O_4 , NO_2 のそれぞれの物質量[mol]と平衡時の物質量と分圧は以下のようになる。

	N_2O_4	NO_2	小計	単位
反応開始前の物質量	n	0	n	mol
反応で変化した物質量	$-an$	$+2an$	$+an$	mol
平衡時の物質量	$(1-\alpha)n$	$2an$	$(1+\alpha)n$	mol
平衡時のモル分率	$\frac{1-\alpha}{1+\alpha}$	$\frac{2\alpha}{1+\alpha}$	1	-
平衡時の分圧	$\left(\frac{1-\alpha}{1+\alpha}\right)p$	$\left(\frac{2\alpha}{1+\alpha}\right)p$	p	kPa

(答) 物質量は $n_{\text{N}_2\text{O}_4}: (1-\alpha)n$ [mol] $n_{\text{NO}_2}: 2an$ [mol]

分圧は $p_{\text{N}_2\text{O}_4}: \left(\frac{1-\alpha}{1+\alpha}\right)p$ [kPa] $p_{\text{NO}_2}: \left(\frac{2\alpha}{1+\alpha}\right)p$ [kPa]

(2) 圧平衡定数 K_p は、 $K_p = \frac{\left\{\frac{2\alpha p}{1+\alpha}\right\}^2}{\left\{\frac{(1-\alpha)p}{1+\alpha}\right\}} = \frac{4\alpha^2}{(1+\alpha)(1-\alpha)}p = \frac{4\alpha^2}{(1-\alpha^2)}p$

(答) $\frac{4\alpha^2}{(1+\alpha)(1-\alpha)}p$ または $\frac{4\alpha^2}{(1-\alpha^2)}p$

(3) $K_p = \frac{4\alpha^2}{(1-\alpha^2)}p = \frac{4(0.20)^2}{(1-0.20^2)}(100) = \frac{4(0.04)}{(0.96)}(100) = \frac{50}{3} = 16.6 = 17$

(答) 17 [kPa]

【問4の解答例】

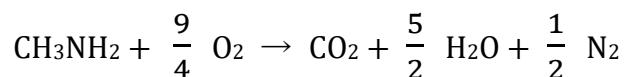
物質	ブテン	塩素
性質	<ul style="list-style-type: none"> ・無色、 ・ほとんど無臭 ・可燃性 ・ガスの密度が空気より大きいので、低いところに滞留しやすい ・引火爆発の危険性が高い ・水と反応してブチルアルコールを生成する。 ・水素と反応してブタンとなる。 ・水に難溶 ・アルコール、エーテルに可溶 ・二重結合を持つため付加反応を起こしやすい ・エチレンとの反応でプロピレンを生成する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・空気より密度が大きい ・激しい刺激臭がある ・黄緑色の気体 ・毒性が極めて高い ・酸化力が強い ・可燃性物質に対して支燃性を示す ・反応性が高く希ガス、炭素、窒素、酸素以外の元素と直接化合する ・塩素と水素の等体積混合気体は、加熱、直射日光、紫外線などにより爆発的に反応して塩化水素を生じる ・水に溶解すると塩酸と次亜塩素酸を生じる
用途	<ul style="list-style-type: none"> ・1-ブテンは直鎖状低密度ポリエチレンのコモノマーとしての原料 ・2-ブテンは無水マレイン酸の原料⇒ポリブチレンテレフタレート(PBT樹脂)の合成用 ・イソブテンはメタクリル酸の製造 ・イソブテンは重合によるブチルゴムの製造 	<ul style="list-style-type: none"> ・塩化ビニルの工業的原料 ・ウレタンフォームの工業的原料 ・衣料品 ・水道水の殺菌 ・排水処理 ・漂白剤 ・半導体の洗浄、エッチング用
工業的製造法（原料と製造プロセス）	<ul style="list-style-type: none"> ・ナフサ分解でC4留分から分離 <p>比較的多く含まれるブタジエンをジメチルホルムアミド(DMF)などの溶剤を用いた抽出法により分離、ラフィネートIと呼ばれる残りの留分から分離。</p> <p>ラフィネートIを酸触媒下でメタノール処理し、これを分解してイソブテンに戻す。この中の微量ブタジエンを水素化する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・重油のFCCによる分解ガス中のC4留分から分離 ・ブタンあるいはイソブタンの脱水素反応 	<ul style="list-style-type: none"> ・イオン交換膜法 <p>陽極と陰極を陽イオン交換膜で仕切って食塩水・海水の電解を行う。陽極で塩素、陰極でNaOHと水素を生成。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ガス拡散電極法 <p>陰極にガス拡散電極を用いて酸素を供給することにより、陽極で塩素を生成。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・隔膜法 <p>電解装置の陽極を隔膜で囲んで、陽極で発生する塩素と陰極で発生する水素が混ざらないような装置を用いる。</p>

【問5の解答例】

(1) $\Delta H_f^\circ(\text{CH}_3\text{NH}_2) = 241.8 - 201.5 - 45.9 - 17.4 = -23.0$

(答) -23.0 kJ/mol

(2) メチルアミンの燃焼は以下のように書ける。



よって $-393.5 + \frac{5}{2}(-241.8) - (-23.0) = -975.0 \text{ kJ/mol}$

(答) -975.0 kJ/mol

(3) $(28.8 \times 975 \times 10^3) / (4.19 \times 10^3 \times 31) = 216.18 \text{ kg} \approx 216 \text{ kg}$

(答) 216 kg

(4) ホプキンソンの3乗根法則から、60m離れた場所で観測したときのメチルアミン量を M_{60} 、100m離れた場所で観測するときのメチルアミン量を M_{100} とした場合

$$\frac{100}{\sqrt[3]{M_{100}}} = \frac{60}{\sqrt[3]{M_{60}}}$$

$$\left(\frac{M_{100}}{M_{60}}\right)^{\frac{1}{3}} = \frac{100}{60}$$

と表せる。求めるメチルアミンの量は $M_{100} = M_{60} \times \left(\frac{100}{60}\right)^3$ から

$$M_{100} = 28.8 \times \left(\frac{100}{60}\right)^3 = 28.8 \times \left(\frac{5}{3}\right)^3 = 28.8 \times \frac{125}{27} \approx 133$$

(答) 133 kg

【問6の解答例】

- (1) 爆発上限界付近では可燃性ガス過剰で酸素が不足した状態であるので、不活性ガス添加によって酸素濃度が低下し、爆発限界値は低下する。また、燃焼反応に直接関与しない不活性ガスを加えることにより、熱容量が大きくなり冷却効果が得られる。

- (2) 可燃性ガスと支燃性ガスが燃焼の場で混合しながら燃焼する場合を拡散燃焼といい、両者があらかじめ混合された状態で燃焼する場合を予混合燃焼という。