

令和7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

- (1) 最初の容器内の圧力を p_1 、容積を V 、最初の温度を T_1 、最初の物質量を n_1 、1.28 kg 取り出した後の物質量を n_2 、この理想気体のモル質量を M とする。最初の状態と、1.28 kg 取り出した後の状態を理想気体の状態方程式で表すとそれぞれ式①、②となる。

$$p_1 V = n_1 R T_1 \quad \text{①}$$

$$(p_1/3) V = n_2 R T_1 \quad \text{②}$$

$$\text{これらより } n_2/n_1 = 1/3$$

また、 $n_2 = n_1 - 1280/M$ であるから整理すると、

$$M = (3 \times 1280) / (2 \times n_1)$$

$$n_1 = 60 \text{ を代入すると、} M = 32 \text{ g/mol}$$

よって、分子量は 32 である。

(答) 32

- (2) 圧力が 1/2 のときの温度を T_2 とすると、加熱後の理想気体の状態方程式は③となる。

$$(p_1/2) V = n_2 R T_2 \quad \text{③}$$

$$\text{②式と③式より } T_2 = (3/2) \times T_1 = (3/2) \times 300 = 450 \text{ K}$$

(答) 450 K

問2

- (1) 時間とともに発生する蒸気の組成は、ベンゼンのモル分率が次第に減少し、トルエンのモル分率は次第に増加する。

時間とともに混合液の組成は、ベンゼンのモル分率が次第に減少し、トルエンのモル分率は次第に増加する。

時間とともに混合液の沸点は、混合液の組成の変化に伴い次第に高くなる。

- (2) 90℃の混合溶液における液相中のベンゼンのモル分率を x_1 、気相中のベンゼンのモル分率を y_1 とすると、ベンゼンの分圧とトルエンの分圧の合計が全圧となるから、ラウールの法則より、

$$101.3 \text{ kPa} = x_1 \times 137.3 \text{ kPa} + (1-x_1) \times 53.32 \text{ kPa}$$

これより、

$$x_1 = 0.571$$

気相中のベンゼンのモル分率は、

$$y_1 = 137.3 \times 0.571 / 101.3 = 0.774$$

(答) 液相中のベンゼンのモル分率 0.571

気相中のベンゼンのモル分率 0.774

問3

(1) 2次反応 $A + B \xrightarrow{k} P$ で、反応速度式は、

$$-\frac{d[A]}{dt} = k[A][B] \quad (\text{答})$$

(2) (1)で得られた反応速度式に $[A] = [B]$ を代入して、

$$-\frac{d[A]}{dt} = k[A]^2 \quad (\text{答})$$

変形して、

$$-\frac{d[A]}{[A]^2} = k dt$$

時間 t について 0 から t まで、濃度について $[A]_0$ から $[A]$ まで積分して、

$$\frac{1}{[A]} - \frac{1}{[A]_0} = kt$$

または、

$$[A] = \frac{[A]_0}{1 + [A]_0 kt} \quad (\text{答})$$

(3) A、Bの初期濃度を $[A]_0$ 、 $[B]_0$ とし、Pの濃度を x とおくと、(1)で得られた反応速度式に、

$[A] = [A]_0 - x$ 、 $[B] = [B]_0 - x$ を代入して、

$$\frac{dx}{dt} = k([A]_0 - x)([B]_0 - x) \quad (\text{答})$$

(4) (3)で得られた反応速度式より

$$\frac{dx}{([A]_0 - x)([B]_0 - x)} = k dt$$

両辺を積分して、

$$\int_0^x \frac{dx}{([A]_0 - x)([B]_0 - x)} = \int_0^t k dt \quad \text{----- ①}$$

ここで、

$$\frac{1}{([A]_0 - x)([B]_0 - x)}$$

は、下記のように変形できる。

$$\frac{1}{([A]_0 - x)([B]_0 - x)} = \frac{1}{[A]_0 - [B]_0} \left\{ \frac{1}{([B]_0 - x)} - \frac{1}{([A]_0 - x)} \right\}$$

この式を①式に代入して積分すると

$$\frac{1}{[A]_0 - [B]_0} \left\{ \ln \frac{[B]_0}{([B]_0 - x)} - \ln \frac{[A]_0}{([A]_0 - x)} \right\} = kt$$

$$\ln \frac{[B]_0[A]}{[A]_0[B]} = ([A]_0 - [B]_0)kt$$

または、

$$\frac{[A]}{[B]} = \frac{[A]_0}{[B]_0} \exp \left\{ ([A]_0 - [B]_0)kt \right\} \quad (\text{答})$$

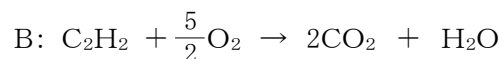
問4

物質	酸化エチレン	フッ素
性質	<ul style="list-style-type: none"> ・ 常温・常圧下で無色の気体 ・ 沸点は約 10℃ ・ エーテルのような臭いがして、高濃度では刺激臭となる。 ・ 極めて可燃性や引火性が高い。 ・ 常温・常圧下の空気中の爆発範囲は 3.0～100 vol% ・ 標準生成エンタルピーが負だが、分解爆発性を有する。 ・ 毒性を有し、特に神経系への影響と皮膚への刺激性が大きく、発がん性がある。 ・ 水、アルコール、エーテルおよび多くの有機溶剤に溶解する。 ・ 反応性が極めて高く、水、アルコール、酸、アミンなどとよく反応して誘導体を生成する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 常温・常圧下で淡黄色の気体 ・ 特有な刺激臭 ・ 強力な可燃性 ・ 極めて強い毒性 ・ 皮膚に接触すると組織を激しく刺激して腐食 ・ 吸入すると微量でも気管を刺激して肺の充血を引き起こす。 ・ すべての元素中で最も強い酸化力 ・ 重い貴ガスと反応してフッ化物を生成 ・ 冷暗状態でも水素との混合で発火爆発の危険 ・ 室温で炭素と反応して発火 ・ 腐食性が強く、常温でほとんどの金属と反応してフッ化物を生成 ・ アルミニウム、マグネシウム、銅、鉄、ニッケルでは金属表面に薄いフッ化物の被膜を形成
用途	<ul style="list-style-type: none"> ・ エチレングリコールの製造原料 ・ エタノールアミン、ポリエチレングリコール類、グリコールエーテルなどの合成原料 ・ 加熱殺菌が難しいプラスチック製の医療用器具などに対する滅菌ガス 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 六フッ化ウラン、六フッ化硫黄、フッ化炭化水素などの製造原料
工業的製造法における原料および製造プロセス	<ul style="list-style-type: none"> ・ 銀を担持させたアルミナ触媒を用いて、1～3 MPa、200～300℃でエチレンと酸素を反応させて製造する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 天然に存在する蛍石（CaF₂）や氷晶石（Na₃AlF₆）を原料として、フッ化水素やフッ化カリウムをつくり、その融解混合物を電解して製造する。

問5



(答)



- (2) 反応Aの逆反応が、単体(CとH₂)からC₂H₂が生成する反応なので、C₂H₂の標準生成エンタルピーは、227 kJ/molとなる。

反応Bのエンタルピー変化は、

$$2 \times (-394) + (-242) - (227) = -1257 \text{ kJ/mol}$$

よって、燃焼熱(真発熱量)は、1257 kJ/molである。

(答)

- (3) アセチレンの分子量は 26 であるので、それぞれ以下のように計算できる。

$$\text{A} : \frac{200 \times 227}{26 \times 10^{-3} \times (4.19 \times 10^3)} = 416.7 \div 417 \text{ kg}$$

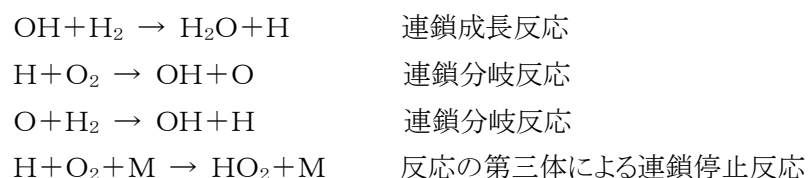
$$\text{B} : \frac{200 \times 1257}{26 \times 10^{-3} \times (4.19 \times 10^3)} = 2307.6 \div 2308 \text{ kg}$$

(答)

- (4) アセチレンは標準生成エンタルピーが正であり、分解爆発を起こす可能性が高く、そのまま圧縮して容器に充填すると危険なため、多孔質物の小さな「すき間」である空隙に、アセトンなどの溶剤を浸み込ませたうえ、アセチレンを充填し、爆発火炎が発生しても拡がらないで消炎するようにしている。

問 6

- (1) H_2 と O_2 の反応は、 H_2 分子と O_2 分子が衝突して反応し直接 H_2O 分子が生成するのではなく、数々のラジカルや分子が途中で生成して、いろいろな素反応が並列して進行し、最終的に H_2O になる。これを連鎖反応といい、燃焼爆発ではこの連鎖反応が起こっている。水素と酸素の燃焼の主な素反応として、以下のものがある。



- (2) 液体の蒸気圧は、温度の上昇に伴い上昇する。液体の液面近傍においては、環境である空気と蒸気が混合する。密閉式の引火点試験においては、液面上の空間が密閉されているため、その空間の蒸気濃度は、平衡に達すれば、大気圧と蒸気圧によって算出できる値になる。その空間に炎を近づけるということは、可燃性ガスと空気を混ぜて発火するか否かを試験する爆発限界の試験と同等である。したがって、密閉空間の蒸気濃度が爆発限界の下限に達するのに必要な蒸気圧になる温度が引火点ということになる。