

## 略解

|     |        |        |        |        |       |       |       |       |
|-----|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|
| I   | 1 : ⑤  | 2 : ①  | 3 : ③  | 4 : ⑥  | 5 : ② | 6 : ④ | 7 : ⑦ | 8 : ⑨ |
| II  | 9 : ⑨  | 10 : ⑤ | 11 : ② | 12 : ③ |       |       |       |       |
| III | 13 : ⑥ | 14 : ③ | 15 : ① | 16 : ④ |       |       |       |       |
| IV  | 17 : ⑤ | 18 : ① | 19 : ④ | 20 : ⑤ |       |       |       |       |
| V   | 21 : ⑦ | 22 : ② | 23 : ⑤ | 24 : ④ |       |       |       |       |

## I

### 原則 1. イオン化傾向と電池・電気分解 → [1] に利用

金属の単体が水もしくは水溶液中で電子を放出し、陽イオンに変わろうとする性質のことを、その金属のイオン化傾向と呼んでいる。イオン化傾向の大きさは、金属の種類によって異なる。イオン化傾向の大きいものから、主な金属と  $H_2$  を順に並べると、次のようになる。

K Ca Na Mg Al Zn Fe Ni Sn Pb  $[H_2]$  Cu Hg Ag Pt Au

なお、イオン化傾向の異なる 2 種類の金属を電解液に浸して電池を構成したとき、負極がイオン化傾向の大きい方の金属、正極がイオン化傾向の小さい方の金属になる。また、2 種類の金属のイオン化傾向の差が大きいほど、電池の起電力は大きくなる。

また、イオン化傾向の大きい金属 (K、Ca、Na、Mg、Al 等) では、その金属イオンを含む水溶液の電気分解を行っても、 $H_2$  が発生するだけで、その金属の単体は析出しない。そのため、イオン化傾向の大きい金属では、水溶液ではなく無水塩そのものを高温で融解して電気分解を行う融解塩電解と言う方法により、金属単体を抽出する。なお、この融解塩電解では、金属の単体は陰極側に析出する。

### 原則 2. 典型元素と遷移元素 → [4] に利用

周期表の 1 族、2 族と 12 族～18 族の元素を典型元素と言う。また、周期表の第 4 周期以降に現れる 3 族～11 族の元素を遷移元素と言う。典型元素では、族番号に応じて価電子数が増減するので、その化学的性質も顕著に変化する。一方、遷移元素では、いずれも最外殻電子は 1 個か 2 個で、族番号に応じて主に変化するのは最外殻より 1 つ内側の電子殻の電子数である。そのため、族番号が変わっても、その化学的性質はあまり変わらない。また、周期表の同じ族に属する元素群のことを同族元素と言う。

### 原則 3. 分子内脱水と分子間脱水 → [7] に利用

ある物質 1 分子の中で水 1 分子が失われる反応を、分子内脱水と言う。また、ある物質 2 分子の間で水 1 分子が失われる反応を、分子間脱水と言う。分子間脱水は、同種の物質 2 分子で起こる場合もあれば、異種の物質 2 分子で起こる場合もある。なお、分子間脱水のように、水などの簡単な分子を失って 2 分子が結合することを、縮合と言う。

[1]

#### 【方針】

いずれの記述も電池や電気分解について述べていることに気づく。したがって、「原則 1. イオン化傾向と電池・電気分解」の知識などを利用して、正誤を考える。

### 【解説】

a：ボルタ電池は負極が亜鉛（Zn）で正極が銅（Cu）であるから、負極を鉛（Pb）に変えると負極と正極のイオン化傾向の差が小さくなる。そのため、起電力も小さくなる。ゆえに、正しい。

b：マンガン乾電池では、酸化マンガン（IV）ではなく亜鉛が負極活物質である。ゆえに、誤っている。

c：鉛蓄電池は、放電のとき、溶質の硫酸分子が減り溶媒の水が増える。そのため、密度は小さくなる。ゆえに、誤っている。

d：陰極付近では反応： $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$ により水酸化物イオンが増えるため、pHは大きくなる。ゆえに、正しい。

e：融解塩電解により、NaやAlの単体が陰極に析出する。ゆえに、正しい。

以上より、bとcが誤っている。ゆえに、解答は、1－⑤である。

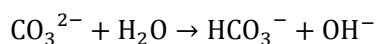
### [2]

#### 【方針】

「酸とは水素イオンを与える分子またはイオン」という文言より、水分子  $\text{H}_2\text{O}$  中の  $\text{H}^+$  を受け取ることのできる物質またはイオンを選べばよいことに気づく。この点に着目して、該当するものを考える。

#### 【解説】

アンモニウムイオン、塩化水素、塩化カリウム、酢酸については、水が酸としてはたらくことはない。しかし、炭酸イオンについては、



という反応式からわかるように、水は酸としてはたらく。ゆえに、解答は、2－①である。

### [3]

#### 【方針】

「自然発火」という文言から（ア）の物質は黄リンで、「褐色の容器」という文言から（イ）の物質は臭化銀と濃硝酸であると、それぞれ気が付く。また、（ウ）の物質はガラスを溶かす性質があると推測されるので、それが何かを考えればよい。

#### 【解説】

（ア）：自然発火するものは、黄リンである。ゆえに、1種類である。

（イ）：光で分解するものは、感光性を有する臭化銀と濃硝酸である。ゆえに、2種類である。

（ウ）：ガラス瓶に保存できないものは、ガラスを溶かしてしまうフッ化水素酸（HF）である。ゆえに、1種類である。

以上より、解答は、3－③である。

[4]

【方針】

いずれの記述も元素の周期表などに関連のあることを述べていることに気が付く。したがって、「原則 2. 典型元素と遷移元素」の知識などを利用して、正誤を考える。

【解説】

a：典型元素とは、1 族、2 族、12～18 族の元素のことである。ゆえに、誤っている。

b：周期表の同じ族に属する元素群のことを同族元素と言う。ゆえに、正しい。

c：15 族の元素であるリンには同素体がある。ゆえに、誤っている。

d：17 族の元素である臭素は、常温・常圧では液体である。ゆえに、正しい。

e：ラドンは放射性元素である。ゆえに、誤っている。

以上より、b と d が正しい。ゆえに、解答は、4－⑥である。

[5]

【方針】

いずれの記述も Ca や Na の基本的な化合物について述べたものであることに気が付く。したがって、Ca や Na の化合物などに関する知識にもとづいて、正誤を考える。

【解説】

①：塩化アンモニウムと水酸化カルシウムを混ぜて熱すると、アンモニアが生じる。ゆえに、正しい。

②：酸化カルシウム (CaO) は生石灰とも言い、水を加えると発熱する。よって、吸熱反応ではなく発熱反応である。ゆえに、誤っている。

③：炭酸水素ナトリウムを強く加熱すると、炭酸ナトリウムが発生する。ゆえに、正しい。

④：炭酸カルシウムを強く加熱すると、酸化カルシウムが発生する。ゆえに、正しい。

⑤：塩化ナトリウムの飽和水溶液に  $\text{NH}_3$  と  $\text{CO}_2$  を通じると、炭酸水素ナトリウムの沈殿が生じる。ゆえに、正しい。

以上より、②が誤りである。ゆえに、解答は、5－②である。

[6]

【方針】

式  $v = k[\text{N}_2\text{O}_5]$  より反応速度  $v$  は濃度  $[\text{N}_2\text{O}_5]$  に比例するが、反応が進行するにつれて濃度  $[\text{N}_2\text{O}_5]$  が減少することに気が付く。この点に着目して、該当するグラフがどれであるかを考える。

【解説】

正反応の反応速度  $v$  は、濃度  $[\text{N}_2\text{O}_5]$  に比例する。また、反応が進行する（時間が経過する）と濃度  $[\text{N}_2\text{O}_5]$  は減少する。よって、時間とともに反応速度  $v$  は減少する。ゆえに、解答は、6－④である。

[7]

【方針】

問題文より、各反応とも反応後に水が生じることが推測され、そのうち分子内脱水反応でないものを選べばよいことに気が付く。したがって、有機化合物の反応に関する知識と「原則 3. 分子内脱水と分子間脱水」の知識を利用して解く。

【解説】

a :  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} \rightarrow \text{C}_2\text{H}_4 + \text{H}_2\text{O}$  という反応であるから、分子内脱水である。

b :  $2\text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow (\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$  という反応であるから、分子間脱水である。

c :  $\text{C}_6\text{H}_4(\text{COOH})_2 \rightarrow \text{C}_6\text{H}_4(\text{CO})_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}$  という反応であるから、分子内脱水である。

d :  $\text{C}_2\text{H}_2(\text{COOH})_2 \rightarrow \text{C}_4\text{H}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O}$  という反応であるから、分子内脱水である。

e :  $2\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_3 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{CH}_3\text{COCH}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$  という反応であるから、酸化反応である。

以上より、分子内脱水反応でないものは、b と e である。ゆえに、解答は、7－⑦である。

[8]

【方針】

いずれの記述もベンゼンの特徴や性質を述べたものであることに気づく。したがって、ベンゼンに関する知識にもとづいて、正誤を考える。

【解説】

a : 6 個の炭素原子間の結合の長さは、すべて等しい。ゆえに、正しい。

b : 燃焼時に多量のすすが出る。ゆえに、正しい。

c : 触媒の存在下においては、付加反応をする。ゆえに、誤っている。

d : 水よりも沸点は低い。ゆえに、正しい。

e : ベンゼンは芳香をもつ。ゆえに、誤っている。

以上より、c と e が誤っている。ゆえに、解答は、8－⑨である。

## II

原則 4. 物質質量とモル質量・モル濃度 → [1]・[2] に利用

物質を構成している粒子（原子、分子、イオン等）の個数をもとに表現した物質の数量を、物質質量と呼ぶ。物質質量は、次式で表される。

$$\text{物質質量 [mol]} = \frac{\text{粒子の個数}}{\text{アボガドロ定数}} = \frac{\text{粒子の個数}}{6.02 \times 10^{23} \text{ [/mol]}}$$

また、同一種類の粒子 1 mol あたりの質量のことをモル質量と呼ぶ。原子（分子、イオン）のモル質量は、原子量（分子量、式量）に単位 g/mol をつけたものである。例えば、CO<sub>2</sub> の分子量は 44 であるから、CO<sub>2</sub> のモル質量は 44 g/mol となる。また、次式のように、物質の質量をモル質量で割ったものは物質質量となる。

$$\text{物質質量 [mol]} = \frac{\text{物質の質量 [g]}}{\text{モル質量 [g/mol]}}$$

例えば、CO<sub>2</sub> 88 g の物質質量は、CO<sub>2</sub> のモル質量が 44 g/mol であるから、 $\frac{88 \text{ [g]}}{44 \text{ [g/mol]}} =$

2 [mol] と計算できる。

質量だけでなく、濃度（＝溶液中に存在する溶質の割合）についてもモルを使って表すことがあり、次式のように溶液 1 L 当りの溶質の物質質量で表した濃度をモル濃度と言う。

$$\text{モル濃度 [mol/L]} = \frac{\text{溶質の物質質量 [mol]}}{\text{溶液の体積 [L]}}$$

例えば、NaCl 0.01 mol を溶かした 2 L の水溶液のモル濃度は、 $\frac{0.01 \text{ [mol]}}{2 \text{ [L]}} = 0.005 \text{ [mol/L]}$

と計算できる。なお、次式のように溶媒 1kg 当りの溶質の物質質量で表した濃度のことを質量モル濃度と言う。

$$\text{質量モル濃度 [mol/kg]} = \frac{\text{溶質の物質質量 [mol]}}{\text{溶媒の質量 [kg]}}$$

原則 5. 凝固点降下 → [2] に利用

溶媒に対する溶質の割合が小さい希薄な溶液を冷却していくと、溶液中の溶媒だけが先に凝固し始める温度（凝固点）に達するが、この凝固点は純溶媒の凝固点よりも低い。この現象を凝固点降下と言い、溶液と純溶媒の凝固点の差を凝固点降下度と言う。この凝固点降下度は、次式のように溶液の質量モル濃度に比例する。

$$\text{凝固点降下度 [K]} = (k_f \text{ [K} \cdot \text{kg/mol]}) \times (\text{質量モル濃度 [mol/kg]})$$

ここで、 $k_f$  は溶媒に固有の定数でモル凝固点降下と呼ばれる。

[1]

【方針】

「水溶液の比熱を  $4.2 \text{ [J/(g} \cdot \text{K)]}$  とする」という文言があり、グラフから溶解による温度上昇分が読み取れることから、溶解熱が計算できることに気づく。この点を踏まえて、「原則 4. 物質質量とモル質量・モル濃度」の知識などを利用して解く。

【解説】

(1) グラフより、温度上昇は  $35 - 25 = 10 \text{ [}^\circ\text{C]}$  である。この温度上昇から比熱を用いて熱量を計算すると、

$$4.2 \text{ [J/(g} \cdot \text{K)]} \times 10 \text{ [}^\circ\text{C]} \times (100 + 4.0) \text{ [g]} \times 10^{-3} = 4.368 \text{ [kJ]}$$

となる。したがって、

$$4.368 \text{ [kJ]} \times \frac{1}{\frac{4.0}{40} \text{ [mol]}} = 43.68 \approx 44 \text{ [kJ/mol]}$$

となる。

(2) (1)と同様に熱量を計算すると、

$$4.2 \text{ [J/(g} \cdot \text{K)]} \times T_1 \text{ [}^\circ\text{C]} \times (100 + 100) \text{ [g]} \times 10^{-3} \times \frac{1}{0.50 \times \frac{100}{1000} \text{ [mol]}} = 16.8T_1 \approx 17T_1 \text{ [kJ/mol]}$$

となる。

[2]

【方針】

「凝固点降下度は  $T_2 \text{ [K]}$ 」および「モル凝固点降下を  $X \text{ [K} \cdot \text{kg/mol]}$ 」という文言より、凝固点降下度の式から分子量を表す式が導けることに気づく。この点を踏まえて、「原則 5. 凝固点降下」と「原則 4. 物質質量とモル質量・モル濃度」の知識を利用して解く。

【解説】

(1) 凝固点は、過冷却が起きないと仮定したときに凝固し始める温度なので、 $b$  となる。

(2) 水のモル凝固点降下は  $X \text{ [K} \cdot \text{kg/mol]}$  であるから、求める分子量を  $M$  とおくと、

$$T_2 = X \times \frac{w}{M} \times \frac{1000}{100}$$

が成り立つ。したがって、 $M = \frac{10wX}{T_2}$  となる。

### III

原則 4. 物質質量とモル質量・モル濃度 (前述) → [2]・[3] に利用

原則 6. 主要な気体の分子量や性質 → [1]・[3] に利用

主要な気体の分子量や性質の一覧を、下表に示す。なお、単位体積当りの気体の重さは、分子量に比例するので、気体の分子量の値から、その気体が空気より重いか軽いかがわかる。

| 名称    | 分子式              | 分子量  | 分子形状  | 色   | 臭い  | 水溶液の性質 |       |
|-------|------------------|------|-------|-----|-----|--------|-------|
|       |                  |      |       |     |     | 溶解度    | 酸・塩基性 |
| 水素    | H <sub>2</sub>   | 2.0  | 直線形   | 無色  | 無臭  | 小      | —     |
| 窒素    | N <sub>2</sub>   | 28.0 | 直線形   | 無色  | 無臭  | 小      | —     |
| 酸素    | O <sub>2</sub>   | 32.0 | 直線形   | 無色  | 無臭  | 小      | —     |
| 塩素    | Cl <sub>2</sub>  | 70.9 | 直線形   | 黄緑色 | 刺激臭 | 中      | 酸性    |
| アルゴン  | Ar               | 40.0 | 球形    | 無色  | 無臭  | 小      | —     |
| 二酸化炭素 | CO <sub>2</sub>  | 44.0 | 直線形   | 無色  | 無臭  | 中      | 酸性    |
| 二酸化硫黄 | SO <sub>2</sub>  | 64.1 | 折れ線形  | 無色  | 刺激臭 | 大      | 酸性    |
| 二酸化窒素 | NO <sub>2</sub>  | 46.0 | 折れ線形  | 褐色  | 刺激臭 | 大      | 酸性    |
| アンモニア | NH <sub>3</sub>  | 17.0 | 三角錐形  | 無色  | 刺激臭 | 大      | 塩基性   |
| 硫化水素  | H <sub>2</sub> S | 34.1 | 折れ線形  | 無色  | 腐卵臭 | 中      | 酸性    |
| 塩化水素  | HCl              | 36.5 | 直線形   | 無色  | 刺激臭 | 大      | 酸性    |
| メタン   | CH <sub>4</sub>  | 16.0 | 正四面体形 | 無色  | 無臭  | 小      | —     |

なお、単位体積当りの気体の重さは、分子量に比例する。したがって、気体の分子量の値から、その気体が空気より重いか軽いかがわかる。

[1]

#### 【方針】

「酸化マンガン (IV) に過酸化水素水を加えて」と言う文言より、酸素が発生することに気づく。この点を踏まえて、「原則 6. 主要な気体の分子量や性質」の知識などを利用して解く。

#### 【解説】

ふたまた試験管では、くびれのある方に固体を入れ、他方に液体を入れる。なお、発生した酸素は水に溶けにくいから、水上置換によって捕集する。

以上より、解答は、13-⑥である。

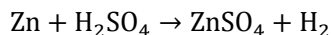
[2]

【方針】

「亜鉛に希硫酸を加える」という文言より、水素が発生することに気づく。この点を踏まえて、「原則 4. 物質量とモル質量・モル濃度」の知識を利用して解く。

【解説】

亜鉛 (Zn) に希硫酸 ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) を加えると、次式のように水素 ( $\text{H}_2$ ) が発生する。



よって、亜鉛の原子量 65.4 を用いて、水素気体の体積は

$$\frac{3.270 - 2.289}{65.4} \times 22.4 \times 10^3 = 336 \text{ [mL]}$$

と求まる。ゆえに、解答は、14-③である。

[3]

【方針】

「石灰石に塩酸を加える」という文言より、二酸化炭素が発生することに気づく。この点を踏まえて、「原則 6. 主要な気体の分子量や性質」の知識を利用して解く。

【解説】

石灰石 ( $\text{CaCO}_3$ ) に塩酸 ( $\text{HCl}$ ) を加えると、次式のように二酸化炭素 ( $\text{CO}_2$ ) が発生する。



$\text{CO}_2$  は非金属の酸化物であるから酸性酸化物である。また、 $\text{CO}_2$  は各結合に極性があるが、分子の形が直線形であるので、分子全体で極性を打ち消しあって無極性分子になる。また、 $\text{CO}_2$  が固体になると、分子どうしがファンデルワールス力で結びつき、結晶構造をとる。以上より、解答は、15-①である。

[4]

【方針】

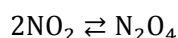
「2 分子の化合物 A から 1 分子の化合物 B (気体) が生成」という文言と「 $2\text{A} \rightleftharpoons \text{B}$ 」という化学平衡式より、圧力を上げると平衡が右側へ移動することに気が付く。この点に着目して、窒素化合物などの知識を利用して解く。

【解説】

銅 (Cu) に濃硝酸 ( $\text{HNO}_3$ ) を加えると、次式のように二酸化窒素 ( $\text{NO}_2$ ) が発生する。



さらに、 $\text{NO}_2$  2 分子は  $\text{N}_2\text{O}_4$  (四酸化二窒素) 1 分子に変化するが、次式のように平衡状態になる。



上式において、右向きの反応は発熱反応になるので、圧力一定で温度を高くすると平衡は左方向に移動する。また、温度一定で圧力を高くすると分子数の少なくなる右方向に平衡

は移動する。

以上より、解答は、16－④である。

## IV

原則 4. 物質質量とモル質量・モル濃度 (前述) → [2] に利用

原則 7. 濃度平衡定数 → [1] に利用

化学反応が、次式のような可逆反応

$aA + bB \rightleftharpoons cC + dD$  ( $A, B, C, D$  は物質の化学式、 $a, b, c, d$  は各物質の係数を表す)  
で表され、しかも平衡状態にあるとき、濃度平衡定数  $K_C$  は次式で表せる。ただし、上式の正反応 ( $\rightarrow$ ) と逆反応 ( $\leftarrow$ ) における反応速度を、それぞれ  $k_f$ 、 $k_r$  とおいた。

$$K_C = \frac{k_f}{k_r} = \frac{[C]^c[D]^d}{[A]^a[B]^b} \quad ([A], [B], [C], [D] \text{ は平衡状態における各物質のモル濃度を表す})$$

原則 8. 気体の状態方程式 → [1]・[2] に利用

一般に、体積  $V$  [L]、圧力  $P$  [Pa]、温度  $T$  [K]、物質質量  $n$  [mol] の気体においては、次式で表される気体の状態方程式が成り立つ。

$$PV = nRT$$

なお、 $R$  は気体定数と呼ばれるもので、 $R \cong 8.31 \times 10^3$  [Pa・L/(K・mol)] である。

また、気体の状態方程式より、標準状態 (0 °C、 $1.01 \times 10^5$  Pa) での気体 1 mol の占める体積は、気体の種類によらず 22.4 L となる。

[1]

### 【方針】

「絶対温度  $T$ 」や「気体定数  $R$ 」と言う文言から、気体の状態方程式を用いることで濃度平衡定数と圧平衡定数が関係付けられることに気づく。この点を踏まえて、「原則 7. 濃度平衡定数」と「原則 8. 気体の状態方程式」の知識を利用して解く。

### 【解説】

(1) 濃度平衡定数は、

$$K_C = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{N}_2] \times [\text{H}_2]^3}$$

であるので、上式中の各モル濃度を気体の状態方程式を使って書きかえると、

$$K_C = \frac{\left(\frac{p_{\text{NH}_3}}{RT}\right)^2}{\left(\frac{p_{\text{N}_2}}{RT}\right) \times \left(\frac{p_{\text{H}_2}}{RT}\right)^3} = \frac{(p_{\text{NH}_3})^2}{p_{\text{N}_2} \times (p_{\text{H}_2})^3} \times (RT)^2$$

となる。よって、

$$K_P = K_C \times (RT)^{-2}$$

となる。ゆえに、解答は、17－⑤である。

(2) 圧平衡定数は各温度において一定の値であり、容積および温度を一定に保ちつつ不活性ガスを加えた場合、全圧が増えるだけで各分圧は変わらないので平衡は移動しない。よって、圧平衡定数は変わらず、アンモニアの物質質量も変わらない。  
ゆえに、解答は、18－①である。

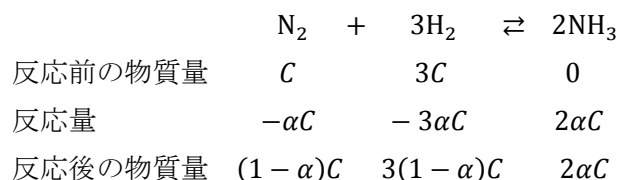
[2]

【方針】

「容積一定の密閉容器」や「窒素と水素を物質質量の比 1 : 3 で」という文言より、窒素・水素・アンモニアの気体混合物についての問題であることに気づく。この点を踏まえて、「原則 4. 物質質量とモル質量・モル濃度」と「原則 8. 気体の状態方程式」の知識を利用して解く。

【解説】

(1) 窒素  $\text{N}_2$  の物質質量を  $C$  [mol]、水素  $\text{H}_2$  の物質質量を  $3C$  [mol] とし、変化量を  $\alpha$  とすると、反応式および反応前後の物質質量は次式のようになる。



上式より、反応後の物質質量の合計は  $4C - 2\alpha C$  [mol] となる。よって、生成したアンモニアのモル分率  $x$  は、

$$x = \frac{2\alpha C}{4C - 2\alpha C} = \frac{\alpha}{2 - \alpha}$$

となる。したがって、 $\alpha = \frac{2x}{1+x}$  となる。したがって、窒素  $\text{N}_2$  のモル分率は

$$\frac{(1-\alpha)C}{4C - 2\alpha C} = \frac{1-\alpha}{4-2\alpha} = \frac{1-\frac{2x}{1+x}}{4-2 \times \frac{2x}{1+x}} = \frac{1-x}{4}$$

となる。ゆえに、解答は、19－④である。

(2) 容積と温度が一定であるから、圧力は物質質量に比例する。よって、次式が成り立つ。

$$\frac{4C}{4C - 2\alpha C} = \frac{9.0 \times 10^7}{5.0 \times 10^7}$$

よって、 $\frac{2}{2-\alpha} = \frac{9}{5}$  となるので、 $\alpha = \frac{8}{9}$  となる。したがって、

$$\frac{2\alpha C}{4C - 2\alpha C} = \frac{\alpha}{2-\alpha} = \frac{\frac{8}{9}}{2-\frac{8}{9}} = 0.80$$

となる。ゆえに、解答は、20－⑤である。

## V

### 原則 9. 炭化水素と不飽和度 → [1] に利用

炭素と水素だけで構成される化合物のことを炭化水素と言う。また、分子式  $C_mH_n$  で表される炭化水素の不飽和度は、次式で定義される。

$$(\text{不飽和度}) = \frac{(\text{H 原子の最大数}) - (\text{実際の H 原子数})}{2} = \frac{(2m+2)-n}{2}$$

不飽和度を調べることで、その炭化水素の構造をある程度知ることができる。いくつかの例を、以下に示す。

- 不飽和度：0 → ・すべて単結合で環のない炭化水素（鎖式飽和炭化水素）※1
- 不飽和度：1 → ・二重結合が1つで環のない炭化水素（鎖式不飽和炭化水素）※2  
・すべて単結合で環が1つある炭化水素（脂環式飽和炭化水素）※3
- 不飽和度：2 → ・三重結合が1つで環のない炭化水素（鎖式不飽和炭化水素）※4  
・二重結合が2つで環のない炭化水素（鎖式不飽和炭化水素）  
・二重結合と環が1つずつある炭化水素（脂環式不飽和炭化水素）  
他
- 不飽和度：3 → ・二重結合が3つで環のない炭化水素（鎖式不飽和炭化水素）  
・三重結合と環が1つずつある炭化水素（脂環式不飽和炭化水素）  
他
- 不飽和度：4 → ・ベンゼン環が1つあり他は単結合だけの炭化水素（芳香族炭化水素）  
他

※1 アルカンと言い、分子式は  $C_nH_{2n+2}$  で表される。

※2 アルケンと言い、分子式は  $C_nH_{2n}$  で表される。

※3 シクロアルカンと言い、分子式は  $C_nH_{2n}$  ( $n \geq 3$ ) で表される。

※4 アルキンと言い、分子式は  $C_nH_{2n-2}$  で表される。なお、アルカン、アルケン、アルキンなど、炭素原子が鎖状につながっていて環状構造をもたない炭化水素のことを、脂肪族炭化水素と言う。

### 原則 10. 熱化学方程式と結合エネルギー → [3] に利用

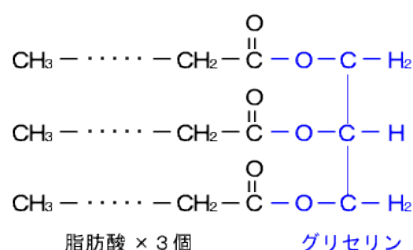
化学反応式 ( $X \rightarrow Y$ ) に反応熱 ( $Q$ ) を書き加え、両辺を等号で結んだもの ( $X = Y + Q$ ) を熱化学反応式と言う。化学反応式とは異なり、熱化学方程式にはエネルギーについての等式と言う役割がある。なお、熱化学反応式  $X = Y + Q$  において、 $Q$  が正の場合は発熱反応、 $Q$  が負の場合は吸熱反応になる。また、反応熱  $Q$  は着目した物質の 1 mol あたりの値を表すことになっているので、熱化学方程式においては着目した物質の化学式の係数を 1 にしておく必要がある。

ところで、気体分子内のある共有結合を切断するのに要するエネルギーを結合エネルギー（単位：kJ/mol）と言う。この結合エネルギーを用いれば、反応熱  $Q$  は次式にて求められる。

$$(\text{反応熱 } Q) = (\text{反応物 X の結合エネルギーの和}) - (\text{生成物 Y の結合エネルギーの和})$$

### 原則 1 1. 油脂の構造 → [4] に利用

油脂は、下図のように、3 個の脂肪酸と 1 個のグリセリンがエステル結合（脱水縮合）したものである。したがって、このエステル結合では、水 3 分子が失われている。



（図は

[http://www.kotorisekken.net/mamechishiki/img\\_mamechishiki/0609/0609YushiKouzou02.gif](http://www.kotorisekken.net/mamechishiki/img_mamechishiki/0609/0609YushiKouzou02.gif) より引用)

なお、油脂 1 分子に含まれる  $\text{C}=\text{C}$  結合の個数を、油脂の不飽和度と言う。また、 $\text{C}=\text{C}$  結合を含む脂肪酸を不飽和脂肪酸と言い、 $\text{C}=\text{C}$  結合を含まない脂肪酸を飽和脂肪酸と言う。また、常温で固体の油脂を脂肪と言い、常温で液体の油脂を油脂油と言う。

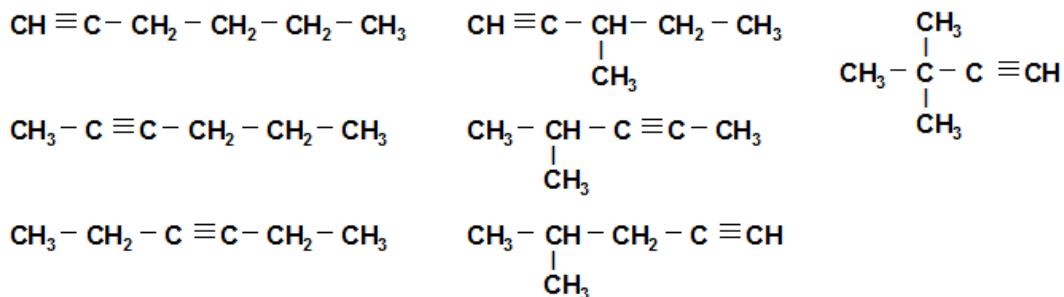
[1]

### 【方針】

アルキンは 1 つの三重結合以外はすべて単結合のみの炭化水素、アルカンは単結合のみの炭化水素であるから、構造異性体の種類はアルカンよりアルキンの方が多くことに気づく。この点を踏まえて、「原則 9. 炭化水素と不飽和度」の知識を利用して解く。

### 【解説】

(ア)：分子式  $\text{C}_6\text{H}_{10}$  のアルキンは、以下の 7 種類である。



(図は WEB 上で見つからなかったため自作)

(イ) : 7 種類のアルキン (上図) は 4 種類の炭素骨格がある。また、水素 2 分子の付加により、アルキンの 3 重結合はすべて単結合に変わりアルカンになる。したがって、生じるアルカンは 4 種類である。

以上より、解答は、21-⑦である。

[2]

【方針】

図より、「 $\text{HC}\equiv\text{CH}$ 」に「 $\text{H}_2\text{O}$ 」または「 $\text{H}_2$ 」が付加されると、「 $\text{HC}\equiv\text{CH}$ 」にある三重結合が二重結合に変わることになる。また、化合物 b が二重結合をもつなら、「 $\text{H}_2\text{O}$ 」の付加により、その二重結合が単結合に変わることになる。これらの点を踏まえて、解答を導く。

【解説】

図および各経路の説明文より、化合物 a はビニルアルコール ( $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{OH}$ )、化合物 b はエチレン ( $\text{CH}_2=\text{CH}_2$ )、化合物 c はエタノール ( $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{OH}$ ) であるとわかる。よって、二重結合があるものは、a と b である。ゆえに、解答は、22-②である。

[3]

【方針】

熱化学方程式および各原子間の結合エネルギーの値が示されているので、反応熱が計算できることに気が付く。したがって、「原則 10. 熱化学方程式と結合エネルギー」の知識を利用して解く。

【解説】

(反応熱) = (反応物の結合エネルギーの和) - (生成物の結合エネルギーの和) であるから、

$$Q = (800 \times 2 \times 2 + 460 \times 2 \times 2) - (720 + 375 \times 4 + 500 \times 3) = 1320 \text{ [kJ/mol]}$$

となる。ゆえに、解答は、23-⑤である。

[4]

【方針】

ステアリン酸は  $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$  であるから  $\text{C}=\text{C}$  結合はなく、リノール酸は  $\text{C}_{17}\text{H}_{31}\text{COOH}$  であるから 2 つの  $\text{C}=\text{C}$  結合があることに気づく。この点を踏まえて、「原則 11. 油脂の構造」の知識を利用して解く。

【解説】

油脂に含まれているリノール酸の平均物質量を  $x \text{ [mol]}$  とおくと、

$$92 + 284 \times (3 - x) + 280 \times x - 18 \times 3 = 882$$

となる。これを解いて、 $x = 2$  と求まる。この値と、リノール酸には二重結合 ( $\text{C}=\text{C}$  結合) が 2 個含まれることから、付加されるヨウ素の物質量は  $2 \times 2 = 4 \text{ [mol]}$  と求まる。ゆえに、

解答は、24-④である。