

〔1〕

問 1

(4)

解説

原始地球の大気には O_2 がなかったため、地球に出現した最初の生物は海洋中の有機物を栄養源とする酸素を利用しない従属栄養単細胞生物であった。しかし、その生物の有機物消費により海洋中の有機物が不足してくると、熱水噴出孔から噴出する硫化水素からの水素を使って二酸化炭素を還元し自ら有機物を合成する化学合成細菌が出現し、続いて、光エネルギーと水を利用して同様に有機物を合成する光合成細菌が現れた。

光合成では、水から水素を取り出すとき副産物として O_2 が生じる。

O_2 はケイ素、アルミニウム、鉄など地球表面の様々な物質を酸化し、それらを酸化物とし、さらに、それら酸化物が堆積し現在の地球表面の岩石となった。

また、余剰の O_2 は大気の成分となったが、 O_2 は極めて酸化力が強く、当時の生物にとっては猛毒であった。ところが、やがて、 O_2 の酸化力を利用して有機物を二酸化炭素と水に分解し、そのとき得られるエネルギーを利用して生きる生物、すなわち酸素呼吸する生物が出現した。こうして、 O_2 を生産する光合成生物と O_2 を消費する生物により、大気中の O_2 濃度が一定に保たれるようになった。

問 2

水素の原子量が小さいことと水圏以外の水素化合物が少ない

問 3

(1) 第 2 周期 (4) 酸化

解説

(ア) Si(イ) Fe(ウ) Ca(エ) K

問 4

(1) イオン結晶 (3) イオン結合

解説

分子は非金属元素の単体または化合物である。

非金属元素と金属元素の化合物はイオン性化合物である。

問 5

(d) $4Fe + 3O_2 \rightarrow 2Fe_2O_3$ (e) $CaO + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2$

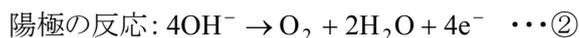
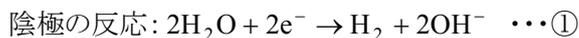
〔2〕

問 1

(ア) 4.5×10^3 (イ) 2.2×10^3

解説

水の電気分解である。



化学反応式(イオン反応式は化学反応式の特別な形)の係数は、

最も簡単な整数比にするという決まりになっているから、反応式は上のようになるが、

全体の反応式は、流れる電子の物質量を等しくしなければならないから、

 $\textcircled{1} \times 2 + \textcircled{2}$ より、 $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_2 + \text{O}_2$ となる。

(ア)

電子 2mol, すなわち 2×96500 C 流れると気体 A (H_2) が 1mol, すなわち標準状態で 22.4×10^3 ml 生成する。流れた電子は、38600C だから、このとき発生した気体 A (H_2) の体積は、標準状態で、

$$\frac{38600}{2 \times 96500} \times 22.4 \times 10^3 = 4.48 \times 10^3 \text{ ml}$$

(イ)

全体の反応式は、 $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_2 + \text{O}_2$ だから、気体 B (O_2) の体積は気体 A の体積の $\frac{1}{2}$

$$\text{よって、} 4.48 \times 10^3 \times \frac{1}{2} = 2.24 \times 10^3 \text{ ml}$$

(ウ) 4.4

解説

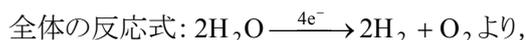
塩酸を中和するのに電気分解後の水酸化ナトリウム水溶液が何 g 必要かという問いである。

水酸化ナトリウムは、溶液中を電流が流れやすくするだけで、反応の前後で変化しない。

(オキソニウムイオンや水酸化物イオンは最も電気伝導度が高いイオンである)

よって、NaOH は 40g, すなわち 1mol のままである。

一方、水は電気分解されるので質量が減少する。

**補足:**電池や電気分解の反応式では、 \rightarrow の上にやりとりする電子をメモ書きしておく問題が解きやすい。2mol の電子すなわち 2×96500 C の電子により水が 1mol すなわち 18g 分解される。

$$\text{これと流れた電子が } 38600\text{C} \text{ であることから、分解された水の質量は } \frac{38600}{2 \times 96500} \times 18 = 3.6 \text{ g}$$

よって、電気分解後の水の質量は $183.6 - 3.6 = 180$ g

したがって、電気分解後は水酸化ナトリウム 40g が溶けた 220g の水溶液となる。

中和反応の式: $\text{NaOH} + \text{HCl} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$

中和される HCl の物質量は $1 \text{ mol/l} \times \frac{20}{1000} \text{ l} = 0.020 \text{ mol}$ だから、

中和に必要な水酸化ナトリウムの質量は $0.020 \text{ mol} \times 40 \text{ g/mol} = 0.80 \text{ g}$ である。

よって、求める水溶液の質量は $\frac{0.80}{40} \times 220 \text{ g} = 4.4 \text{ g}$

(エ) 1.1 (オ) 0.20

解説

	2H_2	+	O_2	\rightarrow	$2\text{H}_2\text{O}$
反応前の体積	224		224		0
体積変化	-224		-112		+224
反応後の体積	0		112		224

反応前

標準状態で 448 ml の気体が 448 ml の容器に入っているから、

反応前の気体の 273K における圧力は 1atm である。

反応後

400K の場合

水蒸気と酸素の標準状態での体積の和が 336mL だから、

反応後の物質がすべて気体と仮定すると、気体の物質量は反応前の $\frac{336}{448}$ 倍

したがって、273K で換算した圧力は $\frac{336}{448} \times 1 \text{ atm} = \frac{3}{4} \text{ atm}$

よって、400K での圧力は、 $\frac{3}{4} \text{ atm} \times \frac{400 \text{ K}}{273 \text{ K}} \approx 1.09 \text{ atm}$

このとき、水蒸気分圧は $1.09 \text{ atm} \times \frac{224}{336} < 1 \text{ atm}$ であり、

100°C (373 K) における飽和水蒸気圧より小さい。

よって、反応後の物質はすべて気体で、その圧力は 1.1 atm である。

218K の場合

気体は酸素のみと見なしてよい。したがって、反応後、気体の物質量は反応前の $\frac{112}{448}$ 倍

よって、273K で換算した圧力は $\frac{112}{448} \times 1 \text{ atm} = \frac{1}{4} \text{ atm}$

ゆえに、218K での圧力は、 $\frac{1}{4} \text{ atm} \times \frac{218}{273} \approx 0.199 \text{ atm}$

問 2

気体 A: H₂ 気体 B: O₂ 気体 C: Cl₂

問 3



〔3〕

問 1

$$1.0 \times 10^{-1} [\text{mol}]$$

解説

溶媒 S のモル凝固点降下を k_f [K · kg/mol] とすると,

$$2.5 \times 10^{-1} [\text{K}] = k_f [\text{K} \cdot \text{kg/mol}] \times 1.0 \times 10^{-1} [\text{mol/kg}] \quad \therefore k_f = 2.5 [\text{K} \cdot \text{kg/mol}]$$

したがって, 溶質 A の物質量を n_A mol (M_A [g]) とすると,

$$5.0 \times 10^{-1} [\text{K}] = 2.5 [\text{K} \cdot \text{kg/mol}] \times \frac{n_A}{5.0 \times 10^{-1}} [\text{mol/kg}] \quad \text{より, } n_A = 1.0 \times 10^{-1} \text{ mol}$$

溶媒 H のモル凝固点降下を k'_f [K · kg/mol] とすると,

n_A mol の溶質 A を 1kg の溶媒 H に溶かした溶液 I の凝固点降下度が 2.0×10^{-1} K だから,

$$2.0 \times 10^{-1} [\text{K}] = k'_f [\text{K} \cdot \text{kg/mol}] \times 1.0 \times 10^{-1} [\text{mol/kg}] \quad \text{より, } k'_f = 2.0 [\text{K} \cdot \text{kg/mol}]$$

したがって, 溶質 B の物質量を n_B mol (M_B [g]) とすると,

これを 1kg の溶媒 H に溶かした溶液 II に溶かした凝固点降下度が 2.0×10^{-1} K だから,

$$2.0 \times 10^{-1} [\text{K}] = 2.0 [\text{K} \cdot \text{kg/mol}] \times n_B [\text{mol/kg}] \quad \text{より, } n_B = 1.0 \times 10^{-1} \text{ mol}$$

問 2

$$2.0 \times 10^{-1} [\text{K}]$$

解説

問 1 の解説より, 溶媒 H のモル凝固点降下が $k'_f = 2.0$ [K · kg/mol] だから,

$$2.0 [\text{K} \cdot \text{kg/mol}] \times \frac{1.0}{10} [\text{mol/kg}] = 2.0 \times 10^{-1} [\text{K}]$$

問 3

$$\frac{5.0 \times 10^{-2} - x_A}{x_A^2} [l / \text{mol}]$$

解説

$n_A = 1.0 \times 10^{-1}$ mol の溶質 A と $n_B = 1.0 \times 10^{-1}$ mol の溶質が溶けた 2L の混合液において, A と B の反応による濃度変化を y とすると, 次表のようになる。

	A	+	B	\rightleftharpoons	C
反応前の濃度	$\frac{1.0 \times 10^{-1}}{2}$		$\frac{1.0 \times 10^{-1}}{2}$		
濃度変化	$-y$		$-y$		$+y$
平衡時の濃度	$\frac{1.0 \times 10^{-1}}{2} - y$		$\frac{1.0 \times 10^{-1}}{2} - y$		y

よって, $x_A = \frac{1.0 \times 10^{-1}}{2} - y$ [mol/l] より, $y = 5.0 \times 10^{-2} - x_A$

ゆえに,

$$\begin{aligned}K_H &= \frac{[C]}{[A][B]} \\ &= \frac{5.0 \times 10^{-2} - x_A}{x_A^2} \text{ [l/mol]}\end{aligned}$$

問 4

$$x_A + 5.0 \times 10^{-2} \text{ [mol]}$$

解説

$$\begin{aligned}n &= x_A + x_A + (5.0 \times 10^{-2} - x_A) \\ &= x_A + 5.0 \times 10^{-2}\end{aligned}$$

問 5

$$40 \text{ [l/mol]}$$

解説

$$1.5 \times 10^{-1} \text{ [K]} = 2.0 \text{ [K} \cdot \text{kg/mol]} \times (x_A + 5.0 \times 10^{-2}) \text{ [mol/kg]} \quad \therefore x_A = 2.5 \times 10^{-2}$$

よって,

$$\begin{aligned}K_H &= \frac{5.0 \times 10^{-2} - x_A}{x_A^2} \\ &= \frac{2.5 \times 10^{-2}}{(2.5 \times 10^{-2})^2} \\ &= 40 \text{ [l/mol]}\end{aligned}$$

〔4〕

(1)

問 1

$$-57.2[\text{kJ}]$$

解説

単体のエネルギーを0とすると、 $\text{N}_2\text{O}_4(\text{g})$ のエネルギーは $9.2[\text{kJ/mol}]$ 、 $\text{NO}_2(\text{g})$ のエネルギーは $33.2[\text{kJ}]$ だから、 $Q=9.2-2\times 33.2=-57.2[\text{kJ}]$

問 2

(i) (b) (ii) (c) (iii) (a) (iv) (a) (v) (c)

解説

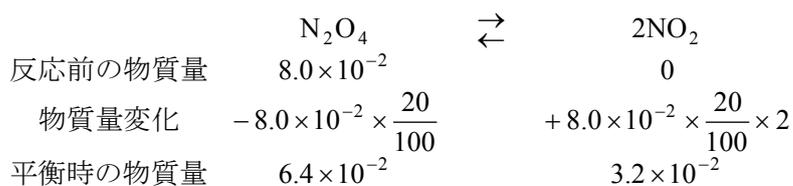


(2)

問 3

$$33[\%]$$

解説



$$\text{より, } \frac{3.2 \times 10^{-2}}{6.4 \times 10^{-2} + 3.2 \times 10^{-2}} \times 100\% = 33.3\%$$

問 4

$$4.2 \times 10^4 [\text{Pa}]$$

解説

$$\text{全圧を } p [\text{Pa}] \text{ とすると, } \text{N}_2\text{O}_4 \text{ の分圧} = \frac{6.6 \times 10^{-2}}{6.4 \times 10^{-2} + 3.2 \times 10^{-2}} p = \frac{2}{3} p [\text{Pa}]$$

$$\text{NO}_2 \text{ の分圧} = \frac{3.2 \times 10^{-2}}{6.4 \times 10^{-2} + 3.2 \times 10^{-2}} \times p = \frac{1}{3} p [\text{Pa}] \text{ より,}$$

$$\text{圧平衡定数} = \frac{\left(\frac{1}{3} p\right)^2}{\frac{2}{3} p} = \frac{1}{6} p [\text{Pa}] \quad \cdots \textcircled{1}$$

また、 $p [\text{Pa}]$ については、理想気体の状態方程式より、

$$p [\text{Pa}] \cdot 1.0 [\text{l}] = (6.4 + 3.2) \times 10^{-2} [\text{mol}] \cdot 8.31 \times 10^3 [\text{Pa} \cdot \text{l} / (\text{mol} \cdot \text{K})] \cdot 313 [\text{K}]$$

$$\therefore p \approx 2.49 \times 10^5 \quad \cdots \textcircled{2}$$

$$\textcircled{1}, \textcircled{2} \text{ より, } 4.15 \times 10^4 [\text{Pa}]$$

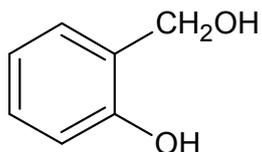
〔5〕

問 1

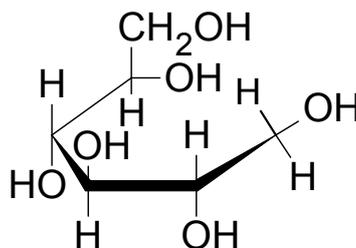
(ア) グルコース (イ) 3 (ウ) アルデヒド (エ) メタノール

問 2

サリチルアルコール B



糖アルコール D



問 3

0.69 [g]

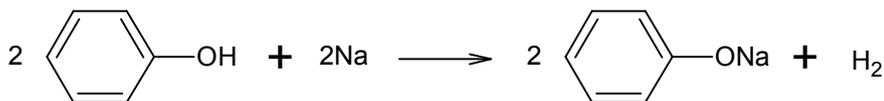
解説

理論上, 1mol のサリシン A から 1mol のサリチル酸 C が得られる。

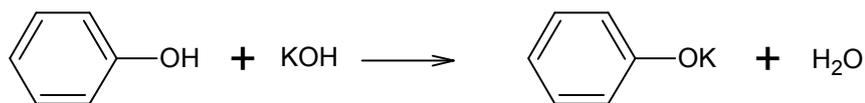
よって, 1.43 g のサリシン A から得られるサリチル酸 C は $1.43 [\text{g}] \times \frac{138}{286} = 0.69 [\text{g}]$

問 4

(a)

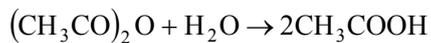


(b)

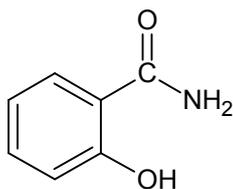


問 5

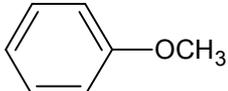
(c)



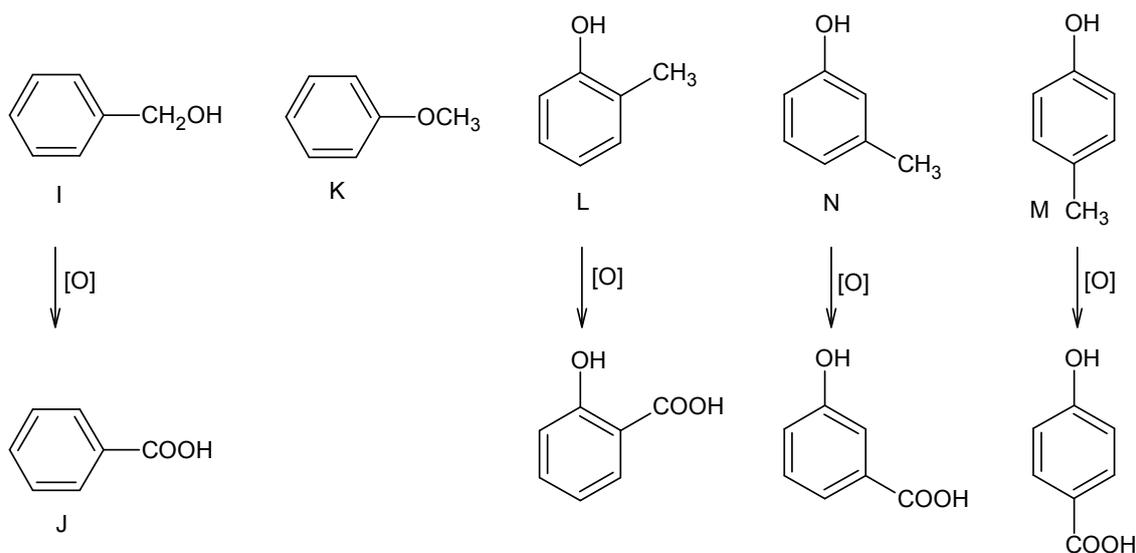
サリチルアミド H



問 6

化合物 I の分子式: C_7H_8O 化合物 N の名称: *m*-クレゾール化合物 K の構造式: 

解説

化合物 I $\frac{2.16[\text{g}]}{108[\text{g/mol}]} = 2.00 \times 10^{-2} \text{ mol}$ を完全燃焼すると, CO_2 が $\frac{6.16[\text{g}]}{44.0[\text{g/mol}]} = 14.0 \times 10^{-2} \text{ mol}$, H_2O が $\frac{1.44[\text{g}]}{18.0[\text{g/mol}]} = 8.00 \times 10^{-2} \text{ mol}$ 生じたから,1 分子の化合物 I を構成する C の数は $\frac{14.0 \times 10^{-2}}{2.00 \times 10^{-2}} = 7$, H の数は $\frac{8.00 \times 10^{-2}}{2.00 \times 10^{-2}} \times 2 = 8$ よって, O の数を x とすると, $12.0 \times 7 + 1.0 \times 8 + 16.0x = 108$ より, $x = 1$ ゆえに, 化合物 I の分子式は C_7H_8O 

問 7

A, D, F, I, J, K

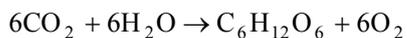
理由: ベンゼン環に直接結合したヒドロキシ基がないから

〔6A〕

問 1

- (ア) 酸素 (イ) 還元 (ウ) 3 (エ) スクロース (オ) フルクトース
(カ) リン酸 (キ) 窒素 (ク) 水素 (ケ) グリセリン (コ) セッケン

問 2



問 3

64.0 [g]

解説

ある脂肪酸を RCOOH とすると、そのメチルエステルは RCOOCH₃ だから、
分子量は 282 + 14 = 296

よって、生成したメチルエステルの物質量は $\frac{592}{296} = 2 \text{ mol}$

ゆえに、反応したメタノールは $32.0 [\text{g/mol}] \times 2 [\text{mol}] = 64.0 [\text{g}]$

〔6B〕

問 1

- (a) 光学 (b) グルコース (c) 二重 (d) イソプレン (e) アルデヒド
(f) 2 (g) アミノ (h) 2 (i) 変性 (j) 二糖類

問 2

- (ア) (1) (イ) (6),(7) (ウ) (4),(9) (エ) (7),(9) (オ) (8)
(カ) (6),(7) (キ) (9) (ク) (1),(7)