

# 化 学

(注意) 必要であれば次の原子量と数値を用いなさい。

H = 1.00, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Si = 28.1

$\sqrt{2} = 1.41$ ,  $\sqrt{3} = 1.73$

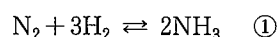
気体定数:  $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{mol} \cdot \text{K})$ , ファラデー定数:  $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ ,

アボガドロ定数:  $N_A = 6.02 \times 10^{23} / \text{mol}$

1. 次の文章を読み、(ア) (エ) (コ) には適切な語句, (イ) には整数, (ウ) (キ) には元素記号, (オ) (カ) (ケ) (サ) には有効数字 3 桁の数値, (ク) には化学式を入れなさい。

- (1) 窒素原子は、最外殻である (ア) 殻に価電子をもつ。2 個の窒素原子が互いに (イ) 個の価電子を出し合って共有すると、それぞれの原子は (ウ) 原子と同じ電子配置になり、化学的に安定な窒素分子が生成する。

アンモニアは、工業的には、ハーバー・ボッシュ法によって、空気中の窒素と、化石燃料からつくられた水素を用いて合成される。その反応は式①で表される。



式①は可逆反応であり、その平衡は、圧力が (エ) ほど右向きに移動する。いま、体積が 1.44 L の密閉容器に、1.00 mol の  $\text{N}_2$  と、3.00 mol の  $\text{H}_2$  を封入して 816 K に保つ。この温度での平衡定数が  $3.00 \times 10^{-2} (\text{mol/L})^{-2}$  であるとき、平衡状態では (オ) mol の  $\text{NH}_3$  が生成する。また、 $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{NH}_3$  を理想気体とすると、平衡状態における容器内の圧力は (カ) Pa となる。実際のプロセスでは、式①の反応を促進するため、(キ) を主成分とする触媒が用いられる。

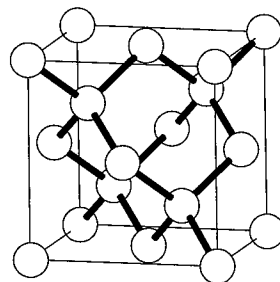
窒素は、植物の生育に必要な肥料の三要素の一つである。窒素を含む代表的な化学肥料として、アンモニアを硫酸に吸収させて得られる  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  や、アンモニアと二酸化炭素を高温・高圧で反応させて合成される (ク) がある。

- (2) アポロ計画の宇宙船やスペースシャトルでは、水酸化カリウム水溶液を用いたアルカリ形燃料電池が電源として使用された。この燃料電池を、77.2 A の一定電流で、19日間連続的に運転するためには、(ケ) L の液体酸素(密度  $1.14 \text{ g/cm}^3$ ) が必要である。このとき、燃料電池の (コ) 極では水が生成する。また、この燃料電池全体から 1 日あたりに生じる水(密度  $1.00 \text{ g/cm}^3$ ) の体積は (サ) L であり、この水は宇宙飛行士の飲料水などに用いられる。

2. 次の文章を読み、〔ア〕〔イ〕〔オ〕には整数、〔ウ〕〔ク〕〔ケ〕には適切な語句、〔エ〕〔カ〕〔サ〕には有効数字3桁の数値、〔キ〕には化学式、〔コ〕には物質名を入れなさい。

- (1) ケイ素(Si)原子は、最外電子殻に〔ア〕個の価電子をもつ。ケイ素の単体は天然には存在しないので、その酸化物を還元してつくられる。ケイ素の結晶は、図のように、Si原子を〔イ〕個含む単位格子からなる〔ウ〕構造をとる。その単位格子の体積が〔エ〕  $\text{cm}^3$ であることから、共有結合で連なったSi原子どうしの距離は0.235 nmであるとわかる。

ケイ素の結晶中に含まれる一部の原子をリン(P)原子に置き換えた試料を作製したところ、もとの結晶と比較して電気伝導性が高くなった。これは、置き換わったP原子1個につき〔オ〕個の電子が、自由電子としてはたらいたからである。この試料1  $\text{cm}^3$ あたりのP原子の個数が  $1.00 \times 10^{16}$  個であるとする、Si原子〔カ〕個中の1個がP原子に置き換えられていることになる。

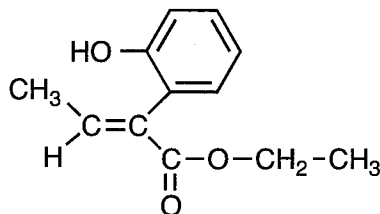


- (2) 天然に存在する水晶やケイ砂の化学式は〔キ〕であり、その固体中では、Si原子と酸素(O)原子からなる正四面体が、三次元的に規則的に繰り返し結合している。これを約2000℃で融解した後、冷却・固化すると、石英ガラスが得られる。石英ガラスは、Si原子とO原子からなる正四面体どうしが、〔ク〕と呼ばれる規則性のない配列をとり、〔ケ〕線を透過しやすい性質をもち、プリズムなどに用いられる。一方、板ガラスとして広く利用されているソーダ石灰ガラスは、ケイ砂、炭酸カルシウム、炭酸ナトリウムを主な原料としてつくられ、〔ケ〕線を透過しにくい性質をもつ。

〔キ〕を、水酸化ナトリウムとともに加熱すると、〔コ〕が得られる。〔コ〕に水を加えて加熱すると、水ガラスとなり、これに塩酸を加えて加熱し、最終的に乾燥・脱水することで、シリカゲルが得られる。いま、このようにして作製したシリカゲルの一定量を10.0 Lの容器に入れ、密閉して27℃に保った。容器内における水の蒸気圧は、最初は、飽和蒸気圧の75.0%であったが、平衡に達したのちには、50.0%になっていた。このとき、シリカゲルに吸着した水の質量は〔サ〕 gである。ただし、シリカゲルの体積や容器内部への水の吸着は無視できるとし、27℃の飽和蒸気圧を  $3.60 \times 10^3$  Pa とする。

3. 次の文章を読み、(ア)には分子式、(イ)(ウ)(エ)(ク)(ケ)(コ)には構造式、(オ)(カ)(キ)には化合物名を入れなさい。なお、構造式は例にならって書きなさい。

構造式の例：

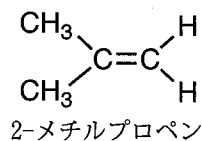


- (1) 化合物 A, B, C は互いに構造異性体であり、炭素、水素、酸素だけからなる同一の分子式をもっている。化合物 A 26.4 mg を完全燃焼させたところ、二酸化炭素 66.0 mg と水 32.4 mg が生成した。化合物 A, B, C それぞれにナトリウムを加えたところ、化合物 A は反応しなかったが、化合物 B と化合物 C は反応して水素が発生した。
- (i) 化合物 A, B, C の分子量は 125 以下であった。以上の結果から、化合物 A, B, C の分子式は (ア) である。
- (ii) 化合物 A は 1 個の不斉炭素原子をもっていた。したがって、化合物 A の構造は (イ) である。
- (iii) 化合物 B と化合物 C それぞれに、ヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱すると、いずれからでもヨードホルムの沈殿が得られた。この反応で化合物 B から得られたもうひとつの有機化合物は、直鎖状の炭化水素の末端にカルボキシ基 1 個が結合したカルボン酸のナトリウム塩であった。したがって、化合物 B の構造は (ウ) であり、化合物 C の構造は (エ) である。

- (2) メタノールは、おもに天然ガス中のメタンから合成される。まず、メタンと水蒸気を高压で反応させて (オ) と水素の混合物とし、これを酸化亜鉛を主体とする触媒を用いてメタノールに変換する。メタノールに酸を加えて脱水縮合させると、(カ) が得られる。

エタノールを空气中で熱した銅線に触れさせると、アセトアルデヒドが生じる。工業的には、アセトアルデヒドは塩化パラジウム(II)と塩化銅(II)を触媒に用いて (キ) を酸化して合成される。

2-メチルプロペンから、リン酸を触媒として水と反応させて合成される (ク) は、二クロム酸カリウムの希硫酸溶液を作用させても酸化されない。



2-ブタノールに濃硫酸を加えて加熱すると、3 種類のアルケンが生成する。これらのうち、オゾンと反応させた後、亜鉛を作用させて、2 種類のカルボニル化合物が得られるのは (ケ) である。

テレフタル酸と (コ) を縮合重合させると、ポリエチレンテレフタレートが合成される。この高分子化合物は、食品容器や衣料などに広く用いられている。

