

I 次の文章を読んで、問いに答えよ。

化学電池は化学反応によって発生するエネルギーを電気エネルギーに変換する装置である。1800年頃に考案された正極に **ア**，負極に **イ** を用いたボルタ電池やそれを改良したダニエル電池等に端を発する。化学電池は共通する構造をもっており、放電時に **ウ** 反応が起こる正極，その逆反応が起こる負極とイオン伝導性の電解質からなる。電池内で反応に直接かかわる物質を活物質といい，正極・負極それぞれについて正極活物質，負極活物質という。化学電池には一次電池と二次電池のほかに燃料電池がある。身近なマンガン乾電池やアルカリマンガン乾電池（起電力：約 1.5 V）は一次電池の代表例である。二次電池の身近な例には，ガソリンエンジンの自動車バッテリーとして利用されている鉛蓄電池（起電力：約 **エ** V）やスマートフォン・ハイブリッド自動車・電気自動車等に用いられているリチウムイオン電池（起電力：約 4 V）等がある。リチウムイオン電池は，リチウムを含む黒鉛とコバルト酸リチウム（ LiCoO_2 ）を両極の活物質に用い，電解質にリチウム塩を溶かした有機化合物を用いている。

問1 文中の空欄 **ア** ～ **エ** にあてはまる最も適当な語句・数値を答えよ。

問2 アルカリマンガン乾電池，鉛蓄電池の正極活物質，負極活物質，電解質を化学式で答えよ。

問3 ボルタ電池およびダニエル電池の正極で起こる反応をイオン反応式で答えよ。

問4 リチウムイオン電池では，リチウムは黒鉛およびコバルト酸リチウムの層状構造中を出入りすることができる。黒鉛の層状構造には炭素原子6個あたり最大1個のリチウムが入るので LiC_6 と表す。また，それ以下の場合 Li_xC_6 (x は1以下の少数) と表し，その時のコバルト酸リチウムの組成を $\text{Li}_{1-x}\text{CoO}_2$ と表す。 x が1に近い場合は，コバルト酸リチウムの構造が不安定になるとされ，反応を可逆的に繰り返すことができる x の範囲は0.43以下とされている。このように化合物には原子数の比を整数で表せないものがあり，その場合少数を用いて表す。リチウムイオン電池において，リチウムを含む黒鉛が Li_xC_6 と表されるときの正極と負極における放電時の反応をイオン反応式で答えよ。

Ⅱ 次の文章を読んで、問いに答えよ。

ケイ素 Si は、岩石や鉱物の成分元素で、地殻中に酸素に次いで多く存在する。単体は天然には存在せず、酸化物を電気炉で融解し、炭素を加え、還元してつくられる。単体はダイヤモンドと同じ構造の共有結合の結晶で、^a 灰黒色で金属光沢があり、金属と非金属の中間の電気伝導度をもつ **ア** の性質を示す。

二酸化ケイ素はおもに石英として岩石中に存在し、融解して繊維状にしたものは **イ** として光通信に利用されている。二酸化ケイ素に水酸化ナトリウムを加えて加熱すると、ケイ酸ナトリウムを生じる。ケイ酸ナトリウムに水を加えて^b 加熱すると、粘性の大きな **ウ** と呼ばれる液体が得られる。**ウ** に塩酸を加えると白色ゲル状のケイ酸が生じる。ケイ酸を加熱すると、**エ** とよばれる固体になる。

問 1 文中の空欄 **ア** ~ **エ** にあてはまる最も適当な語句を答えよ。

問 2 下線部 a の反応を化学反応式で表せ。

問 3 下線部 b の反応を化学反応式で表せ。

問 4 **エ** は水や気体分子を吸着しやすいため、乾燥剤や吸着剤として利用されている。なぜ吸着しやすいのかを簡潔に述べよ。

Ⅲ 次の文章を読んで、問いに答えよ。

生物の生体内で起こる反応の多くは、有機化合物を反応物とする化学反応である。一般に、有機化合物の共有結合を組みかえる反応の **ア** は大きいので、反応を速やかに進行させるためには高い温度が必要となる。しかし、生物では体温を大きく上げることができないので、タンパク質からなる酵素を反応の **イ** として用いることにより、多くの生体内の反応を進めている。酵素が存在すると、反応の **ア** は小さくなる。この際、反応熱の大きさは **エ**。

酵素は、**ウ** とよばれる特定の反応物のみと反応する特異性を示す。酵素の活性を阻害する物質を酵素阻害剤とよぶ。酵素阻害剤は、生体の特定の反応を阻害するために、毒物として作用することが多い。例えば、毒物として有名なシアン化カリウムは、動物の呼吸にはたらく酵素の阻害剤であり、ヒ素も、システインを含む酵素の阻害剤としてはたらく。

ヒ素は、生体で重要なはたらきをしているリンと同族の元素であって 価電子の数は等しい。リンとヒ素は、電気陰性度やイオン化エネルギーも非常に近く、その性質はよく似ている。そのため、2010年にアメリカ航空宇宙局（NASA）が、カリフォルニアの湖（この湖の水はヒ素を高濃度に含んでいる）から リンの代わりにヒ素を使って生育できる細菌を見つけたと発表した際も、驚くべき発見として大きな話題になった。しかし、細胞へのヒ素の取り込みは見られたものの、実際に生体の有機化合物にリンの代わりとしてヒ素が取り込まれている証拠は示されていない。現在では、やはりリンの存在はこの生物にとっても必須であると考えられている。

問1 文中の空欄 **ア** ～ **ウ** にあてはまる最も適当な語句を答えよ。

問2 文中の空欄 **エ** にあてはまる最も適当な語句を、以下からひとつ選び、番号で答えよ。

1. 増大する 2. 減少する 3. 変化しない 4. 正負が逆転する

問3 下線部 a に関して、この数はいくつか。その数を答えよ。

問4 下線部 b に関して、この細菌がリンの代わりにヒ素を使って生育できることを実験的に示そうと考えた場合、この細菌をどのような水溶液（培養液）で培養すればよいか。培養液として必要な条件を簡潔に述べよ。

問5 下線部 c に関して、実際に有機化合物にヒ素が取り込まれているかどうかを調べる実験を計画する場合、ヒ素の含有量を調べる対象として最も適当な物質を、以下からひとつ選び、番号で答えよ。

1. 炭水化物 2. 脂質 3. タンパク質
4. 核酸 5. アミノ酸 6. オリゴ糖

IV 有機化合物の反応と構造について【説明1】を読んで問1～問5，【説明2】を読んで問6～問9に答えよ。

【説明1】 $C_4H_{10}O$ の分子式をもつ4種の化合物A, B, C, Dがある。これらの化合物について以下の(i)～(v)の実験結果が得られた。また、実験により化合物E, F, G, Hが新たに生成された。

- (i) A～Dに金属ナトリウムを加えるといずれも水素を発生した。
- (ii) 不斉炭素原子をもつ化合物はCのみであった。
- (iii) 二クロム酸カリウムの硫酸酸性溶液によりA, Bは酸化され、それぞれ中性の化合物E, Fを生じたが、Dは酸化されなかった。
- (iv) Cを濃硫酸で脱水するとG, Hの二種類のアルケンが得られたが、GがHの4倍以上生成された。
- (v) Aを濃硫酸で脱水してもアルケンGとHが得られた。

問1 ある試験管のラベルが消えてしまった。この試験管には、化合物A～Hのどれかが純粋な形で入っているはずであった。この試験管内の化合物、10.00 mgを完全燃焼させると、二酸化炭素23.78 mg、水12.16 mgを生じた。この数値のみからこの試験管に入っている可能性のあるすべての化合物をA～Hの中から選び、記号で答えよ。必要があれば次の値をもちいよ。原子量 $H = 1$, $C = 12$, $O = 16$

問2 Bを濃硫酸で脱水してもアルケンが得られる。濃硫酸での脱水によりこれと同一のアルケンを生ずる化合物すべてをA, C, Dの中から選び、記号で答えよ。

問3 第二級アルコールすべてをA～Hの中から選び、記号で答えよ。

問4 銀鏡反応を起こす化合物すべてをA～Hの中から選び、記号で答えよ。

問5 Gには二種類の幾何異性体が存在する。違いがわかるように両者を構造式で表せ。

【説明2】 C_4H_8O の分子式をもつ3種の化合物I, J, Kは、次のような性質をもっている。

- (i) Iは直鎖状の炭素骨格をもつカルボニル化合物で、還元すると第二級アルコールになる。
- (ii) Jは炭素原子間の二重結合をもっている。また、1個の不斉炭素原子があり、光学異性体が存在する。
- (iii) Kはエーテル結合を含む三員環（3原子からなる環状構造）を有している。1個の不斉炭素原子があり、光学異性体が存在する。

問6 化合物Iの名称を下から選び、番号で答えよ。

- 1. 1-ブタノール
- 2. プロピオンアルデヒド
- 3. エチルメチルケトン
- 4. エチルメチルエーテル
- 5. ブチルアルデヒド

問7 化合物Jの不斉炭素原子に結合している炭化水素基と官能基の名称を全て答えよ。

問8 化合物Kを構造式で表せ。

問9 化合物I, J, Kと同じ炭素数をもつアルカンには構造異性体がいくつ存在するか。その数を解答欄アに記入せよ。

また、炭素原子数7のアルカンには構造異性体がいくつ存在するか。その数を解答欄イに記入せよ。

〔以下余白〕