



〔令和 7 年度入学試験問題：前期〕

化 学

(90 分)

人 間 文 化 学 部

生活栄養学科

注 意 事 項

1. 解答開始の合図があるまで，この問題冊子および解答用紙の中を見てはいけません。また，解答開始の合図があるまで，筆記用具を使用してはいけません。
2. 問題は 2 題で，8 ページあります。
3. 解答開始後，2 枚の解答用紙の所定欄に受験番号，氏名をはっきり記入しなさい。
4. 解答は，すべて解答用紙の指定された欄に書きなさい。解答に関係のないことを書いた答案は無効にすることがあります。
5. 試験終了後，問題冊子は持ち帰りなさい。解答用紙を持ち帰ってはいけません。

問題 I

次の文章を読んで、問1～問5に答えよ。必要であれば、原子量として $H = 1.0$, $C = 12.0$, $O = 16.0$ を用いよ。気体はすべて理想気体とし、標準状態における 1.00 mol の気体の体積を 22.4 L とする。解答の数値は有効数字2桁で示せ。

糖類は食品に甘味をつけるほか、さまざまな特徴を与えるためにも利用されている。例えば、近年、食品の甘味料として糖の誘導体である糖アルコールが利用されている。代表的な糖アルコールであるキシリトール^(a)はガムの甘味料として使用されている。キシリトールは天然にも存在するが、キシロース分子内のホルミル基(アルデヒド基)を水素で還元して工業的に合成されている。

図1に示す単糖の α -グルコースが6～8個程度、脱水縮合し、1位のC原子(C1原子)と4位のC原子(C4原子)で環状につながった糖をシクロデキストリン^(b)という。シクロデキストリンは環状構造の内部にさまざまな物質を取り込み、安定化するのはたらしきをもつため、チューブ入りわさび製品の香気成分の維持に利用されている。

デンプン^(c)はその構造からアミロースとアミロペクチン^(d)の二つに分類される。アミロペクチンは多数のグルコースがC1原子とC4原子で結合した部分と、C1原子と6位のC原子(C6原子)で結合が形成される枝分かれ構造をあわせもつ。餅の粘りの強さにはアミロペクチン含量が影響している。

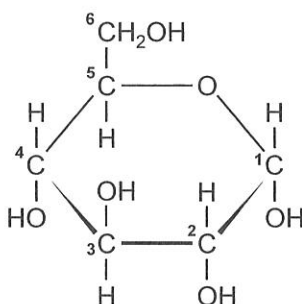


図1 α -グルコースの構造式

Cの左の数字は分子中の炭素原子の位置番号である。

問 1 糖類に関する(あ)～(お)の記述のうち、誤りを含むものを一つ選び、記号で記せ。

- (あ) フルクトース水溶液はフェーリング液を還元する。
- (い) グルコースは還元糖の一種であり、その水溶液は銀鏡反応を示す。
- (う) スクロースはグルコースとフルクトースが結合した二糖である。
- (え) デンプンにアミラーゼを作用させるとマルトースが得られる。
- (お) スクロースに塩酸を加えると、脱水作用によりスクロースは炭化する。

問 2 下線部(a)について、以下の i), ii) に答えよ。

i) 図 2 にならってキシリトールの構造式を示せ。

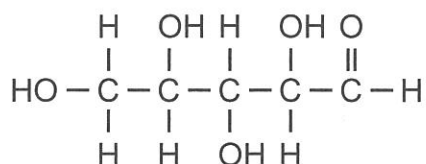


図 2 キシロースの構造式

ii) 断熱容器中で水 42.4 g にキシリトールの結晶 7.60 g を完全に溶解させた。

このとき、水温が 5.20 °C 低下した。水溶液の比熱を 4.20 J/(g・K) とすると、

1 mol のキシリトールが水に溶けたときに吸収する熱量 [kJ/mol] を求めよ。

導出過程も記せ。ただし、発生または吸収した熱量はすべて水溶液の温度変化に使われたものとし、反応容器などの実験器具や容器内の気体の比熱は無視できるものとする。

問 3 下線部(b)について、シクロデキストリンを加水分解してグルコースを生成したのち、酵母を用いてアルコール発酵を行い、エタノールと二酸化炭素を生成させた。このとき使用したシクロデキストリンはすべて 6 個のグルコースが縮合したものとする。以下の i) ~ iii) に答えよ。

i) 1 分子のグルコースのアルコール発酵の化学反応式を記せ。

ii) 標準状態に換算して 2.24 L の二酸化炭素が発生したとき、使用したシクロデキストリンの質量(g)を求めよ。導出過程も記せ。ただし、シクロデキストリンは完全に加水分解され、生じたグルコースはすべてアルコール発酵に使用されたものとする。また、発生した二酸化炭素の水溶液への溶解は無視できるものとする。

iii) エタノールとジメチルエーテルはどちらも分子式 C_2H_6O の化合物であるが、沸点は大きく異なる。エタノールとジメチルエーテルではどちらの沸点が高いか、解答欄の記述のうち、正しいものを○で囲んで示せ。また、そのように考えた理由も記せ。

問 4 下線部(c)について、デンプン水溶液にヨウ素溶液を加えるとヨウ素デンプン反応により、水溶液が青紫色に呈色する。この水溶液を加熱したところ、青紫色が消失した。この青紫色が消失する理由を記せ。

問 5 下線部(d)について、以下の操作 1 と操作 2 を行った。以下の i), ii) に答えよ。

操作 1 塩基存在下でメチル化剤を用いてアミロペクチンのすべてのヒドロキシ基—OH をメトキシ基—OCH₃ に置換した。

操作 2 希硫酸を用いて操作 1 で得た化合物を完全に加水分解した。得られた化合物を分離し、質量を測定した。

以上の操作 1 と操作 2 により図 3 に示す A, B, C の化合物が得られた。



図 3 化合物 A, B, C

- i) 枝分かれ部分のグルコースが変化したものを化合物 A～C から一つ選び記号で記せ。また、そのように考えた理由も記せ。ただし、末端のグルコース分子は加水分解されて化合物 A になるとする。
- ii) 分子量が 3.24×10^5 であるアミロペクチン 3.24 g を用いて操作 1 と操作 2 を行ったところ、4.00 g の化合物 A, 0.208 g の化合物 B, 0.236 g の化合物 C が得られた。このアミロペクチン 1 分子中の枝分かれの数を求めよ。導出過程も記せ。重合度 n のアミロペクチンの分子式は $(C_6H_{10}O_5)_n$ とする。

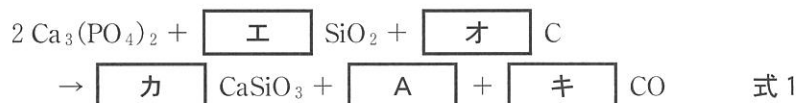
問題 II

次の文章を読んで、問 1 ～ 問 6 に答えよ。必要であれば、原子量として $H = 1.0$, $C = 12.0$, $O = 16.0$, $Si = 28.0$, $P = 31.0$, $S = 32.0$, $Ca = 40.0$ を用いよ。解答の数値は特に指示のない限り有効数字 2 桁で示せ。

リンは非金属元素に分類され、生体内において様々な役割をもつ重要な元素である。単体のリンの一つである **ア** は空气中で自然発火するため、通常は液体である **イ** の中に保管する。**ア** は、リン鉱石(主成分 $Ca_3(PO_4)_2$) にけい砂 SiO_2 とコークスを混ぜて高温で反応させてつくる^(a)ことができる。さらに、**ア** を酸素のない条件で $250^\circ C$ に加熱すると、**ウ** となる。**ウ** を酸素の存在する条件で燃焼すると、十酸化四リンになる。つづいて、この十酸化四リンを多量の純水と反応させると、熱を発生して最終的にリン酸 H_3PO_4 になる。リン酸 H_3PO_4 は三つの電離定数をもつ三価の酸であり、リン酸緩衝液は細胞内の pH の維持に^(b)関与している。他にも DNA や細胞膜の構成にも関与している。

問 1 **ア** ～ **ウ** に適切な語を答えよ。

問 2 下線部(a)について、下記の反応式の **エ** ～ **キ** に適切な整数値、**A** に組成式を記し、式 1 を完成させよ。



問 3 ヒトの細胞には核酸と呼ばれる化合物があり、遺伝に関与している。RNA (リボ核酸) と DNA (デオキシリボ核酸) は、いずれも核酸の単量体が重合した天然高分子化合物である。核酸の単量体は糖部分と、窒素を含む環状構造の塩基部分、そしてリン酸から構成されている。単量体の核酸の一つにアデノシン 5′-三リン酸 (ATP) があり、その構造を図 1 に示す。図 1 の③の炭素に結合したヒドロキシ基と、別の核酸のリン酸部分のヒドロキシ基が縮合重合してできた重合体が RNA や DNA である。

RNA を構成する核酸の糖部分はリボース $C_5H_{10}O_5$ である。一方、DNA を構成する核酸の糖部分はデオキシリボース $C_5H_{10}O_4$ である。DNA と RNA それぞれの合成反応では異なる酵素が触媒としてはたらき、いずれの酵素も基質特異性をもつ。

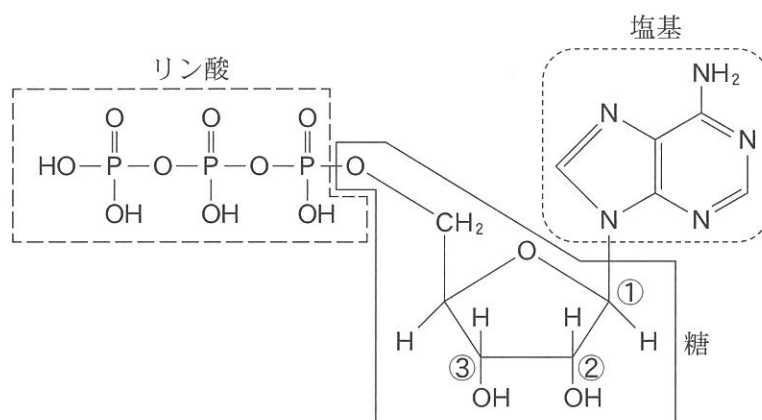


図 1 アデノシン 5′-三リン酸 (ATP) の構造

図 1 に示す ATP は RNA を合成するときの基質であるが、DNA 合成の基質にはならない。その理由として正しいものを (あ) ~ (う) から一つ選び、記号で記せ。また、そのように考えた理由も記せ。

- (あ) 図 1 の①の炭素に塩基が結合しているため。
- (い) 図 1 の②の炭素にヒドロキシ基が結合しているため。
- (う) 図 1 の③の炭素にヒドロキシ基が結合しているため。

問 4 リンは哺乳類だけでなく、植物の成長にも窒素やアンモニアと同様に不可欠な栄養素である。一般に、リン肥料として過リン酸石灰が用いられている。過リン酸石灰はリン鉱石(主成分 $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$)に硫酸を反応させてつくることができる。この反応は式 2 で表され、リン酸二水素カルシウム $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ とセッコウ CaSO_4 の混合物である過リン酸石灰が得られる。



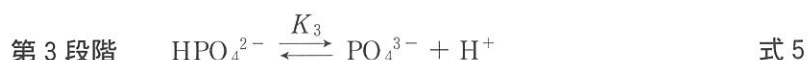
50.6 g の過リン酸石灰をつくるために必要なリン鉱石の最小の質量[g]を求めよ。解答の数値は整数で記せ。導出過程も記せ。なお、反応に用いたリン鉱石に含まれる $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ はすべて過リン酸石灰に変換されるものとする。また、リン鉱石に含まれる $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ の質量百分率は 90.0 % とする。

問 5 一般に、酸と塩基は水素イオンの受け渡しをする分子、イオンと定義されている。酸と塩基には強さがあり、溶液中の水素イオン濃度が高いほど溶液の酸性が強い。水溶液中の酸や塩基の電離の程度を電離度と呼び、通常、電離度が大きいほど強い酸または塩基である。しかし、電離度で酸や塩基の強さを評価することは必ずしも適切ではない。一方、酸の電離定数 K_a および塩基の電離定数 K_b は平衡定数であり、 K_a または K_b が大きいほど強い酸もしくは塩基であることを意味する。

酸や塩基の強さを電離度で評価することが適切ではない理由を、温度の条件が電離度および電離定数に与える影響を含めて記せ。

問 6 リン酸に関して、以下の i), ii) に答えよ。

i) 下線部(b)について、水溶液中でリン酸は 3 段階に電離する。以下に第 1 ～ 3 段階の電離式を示す。



この式 3 の電離平衡が成立している水溶液中の各分子やイオンの濃度を $[\text{H}_3\text{PO}_4]$, $[\text{H}_2\text{PO}_4^-]$, $[\text{H}^+]$ とし、電離定数 K_1 を用いて、この水溶液中の水素イオン濃度 $[\text{H}^+]$ を表す式を記せ。

ii) i) の 式 3 ～ 5 それぞれの電離定数を $K_1 = 7.50 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$, $K_2 = 6.20 \times 10^{-8} \text{ mol/L}$, $K_3 = 2.10 \times 10^{-13} \text{ mol/L}$ とする。また、リン酸緩衝液中のリン酸と各イオンのモル分率と pH の関係を以下の図 2 に示す。pH が 4.0 のリン酸緩衝液における、リン酸 H_3PO_4 のリン酸二水素イオン H_2PO_4^- に対するモル濃度の比 $\left(\frac{[\text{H}_3\text{PO}_4]}{[\text{H}_2\text{PO}_4^-]}\right)$ を求めよ。導出過程も記せ。なお、このリン酸緩衝液の pH はリン酸のみに依存するものとする。また、式 4, 式 5 の各イオンの電離は無視できるものとする。

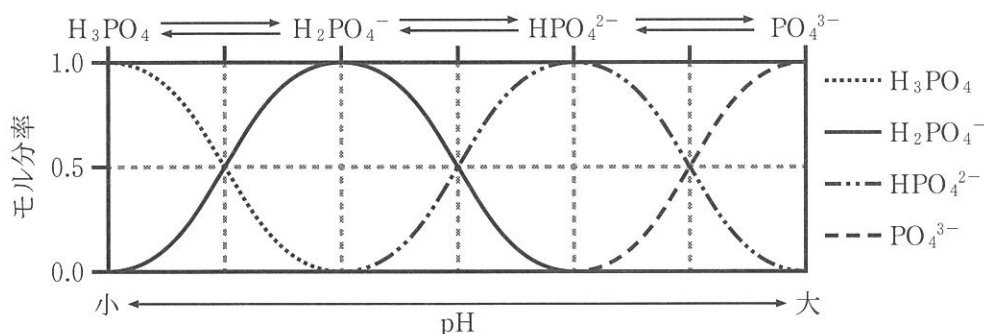


図 2 リン酸緩衝液中のリン酸と各イオンのモル分率と pH の関係