

平成 31 年度（前期）

長崎県立大学看護栄養学部栄養健康学科

個別学力検査等試験

化学基礎・化学 (90 分)

注意事項

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
2. この問題冊子の最終ページは、16 ページです。
試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁及び解答用紙の汚れ等に気付いた場合は、手を挙げて監督者に知らせてください。
3. 解答用紙は、4 枚あります。
解答用紙には受験番号の記入欄があるので、監督者の指示に従って、解答用紙すべてに受験番号を正しく記入してください。
4. 解答は、問題ごとに、解答用紙の所定の欄に記入してください。
5. 問題冊子には、白紙のページがありますので、下書き用紙として利用してください。
6. 問題冊子は持ち帰ってください。

【注意】 計算に必要な場合は次の数値を用いなさい。

$$\log 2.0 = 0.30 \quad \log 3.0 = 0.48$$

$$\text{円周率 } \pi = 3.14, \quad \sqrt{2} = 1.41, \quad \sqrt{3} = 1.73, \quad \sqrt{5} = 2.2$$

$$\text{原子量 : H} = 1.0 \quad \text{C} = 12 \quad \text{O} = 16 \quad \text{Na} = 23 \quad \text{P} = 31 \quad \text{S} = 32 \quad \text{Ca} = 40 \quad \text{Fe} = 56 \quad \text{I} = 127$$

$$\text{標準状態における理想気体のモル体積 : } 22.4 \text{ L/mol}$$

$$\text{ファラデー定数 } F : 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$$

第1問 分子と結晶に関する [1], [2] の文章を読んで, 以下の問い (問1~問11) に答えなさい。

[1] 共有結合と分子

原子どうしの結合などに重要なはたらきをする電子を (①) といい, 非金属元素の原子が互いの (①) を出し合い, 両方の原子がこれを共有してできる化学結合を共有結合という。共有結合によりできた分子の形には様々なものがあるが, その形は分子内の共有電子対や非共有電子対が反発し合うことを考えれば, ある程度予測することができる。(a) 電子対は互いに反発し合い, 空間的に最も離れた位置関係になろうとする。たとえば, メタン分子 CH_4 は, C 原子のまわりに 4 組の共有電子対があり, それらが均等に最も離れるような位置になるため, 結合角をすべて 109.5° とする正四面体形 (図 1-1) になる。

また, シアン化水素 HCN は, C 原子のまわりに 1 組の共有電子対による単結合と 3 組の共有電子対による三重結合の 2 つの共有結合があり, これらが均等に最も離れる位置は結合角を 180° とする場合なので, HCN の形は直線形となる (図 1-2)。

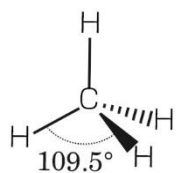


図 1-1 メタンの形

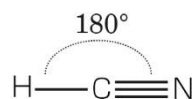


図 1-2 シアン化水素の形

共有結合によって分子がつくられ, 分子どうしが (b) 分子間力 により多数集合すると (c) 分子結晶 が形成される。

問1 (①) に入る適当な語句を答えなさい。

問2 次の(ア)～(オ)の分子の中から、非共有電子対が最も多いものを1つ選び、その記号で答えなさい。

(ア) 水 (イ) 塩素 (ウ) 硫化水素 (エ) 二酸化炭素 (オ) 窒素

問3 下線部(a)を参考にして、次のA～Cの分子およびイオンの形を推測し、最も適当なものを、下の(ア)～(オ)の中からそれぞれ1つずつ選び、その記号で答えなさい。

A NH_3 B NH_4^+ C BF_3

(ア) 折れ線形 (イ) 正四面体形 (ウ) 三角錐形 (エ) 正三角形 (オ) 直線形

問4 下線部(b)に関して、分子間力に関する記述として適当なものを、次の(ア)～(オ)の中から2つ選び、その記号で答えなさい。

(ア) メタンは無極性分子であり、分子間力ははたらかない。

(イ) フッ素Fの電気陰性度は、酸素Oよりも大きく、フッ化水素の極性は水よりも大きくなるため、沸点は水よりもフッ化水素の方が高くなる。

(ウ) 水素結合は、種類の異なる分子間でも形成される。

(エ) 分子式 C_4H_{10} で、互いに構造異性体の関係にあるブタンと2-メチルプロパンの沸点は等しい。

(オ) 分子式 $\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_4$ で、互いに幾何異性体の関係にあるマレイン酸とフマル酸の融点を比較すると、フマル酸の方が高くなる。

問5 下線部(c)に関して、次の(ア)～(オ)の中から分子結晶にならないものを1つ選び、その記号で答えなさい。

(ア) ヨウ素 (イ) ナフタレン (ウ) パラジクロロベンゼン

(エ) ダイヤモンド (オ) フラーレン

問6 硫化水素 H_2S と酸素 O_2 の沸点の大小関係について、理由とともに簡潔に説明しなさい。

[2] 金属の結晶格子

金属の結晶は金属原子どうしが (①) を介した金属結合により結びついてできており、(a) たたくと薄く広がる性質である展性や、細く引き延ばすことができる性質である延性などの性質をもつ。

金属結晶の単位格子は様々なものが知られている。図 1-3 は (②) 格子といい、単位格子中の原子数は 2 で、配位数は 8 である。図 1-4 は面心立方格子といい、単位格子中の原子数は 4 で、配位数は (③) である。図 1-5 は単純立方格子といい、まれではあるがこのような構造をとる金属も存在している。単純立方格子の単位格子中の原子数は (④) で、配位数は (⑤) となっている。面心立方格子は (b) 最密充填構造 をとる。

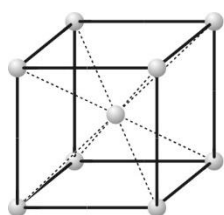


図 1-3

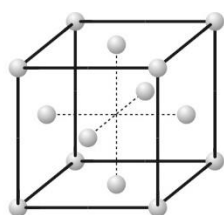


図 1-4

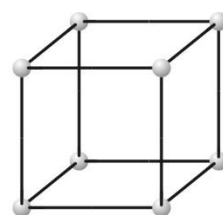


図 1-5

なお、金属原子は剛体球とみなせ、温度によって大きさや質量は変化しないものとし、最も近くに配置する原子どうしは互いに接しているものとする。

問 7 (①) ~ (⑤) に入る適切な語句または整数値を答えなさい。

問 8 下線部(a)に関して、金属の結晶が展性や延性をもつ理由を、簡潔に説明しなさい。

問 9 図 1-5 で示される単純立方格子の充填率は何%か。四捨五入により小数第 1 位まで答えなさい。解答欄には計算の過程も記しなさい。

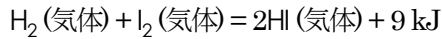
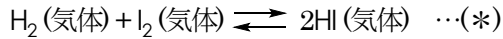
問 10 下線部(b)に関して、面心立方格子の最密充填構造となるように原子を積み上げる場合の配置を解答欄の図に実線の円で書き込みなさい。ただし、解答欄の図は原子の配列を上から見たもので、1 層目の配列を表しているものとし、2 層目を書き込むこと。

問11 温度の変化により，単位格子が図1-5の単純立方格子から図1-3に変化する金属があると仮定する。このとき，単位格子の1辺の長さは何倍となるか。有効数字2桁で答えなさい。解答欄には計算の過程も記しなさい。ただし，温度変化による原子の大きさの変化はないものとする。

第2問 化学平衡と電気分解・中和滴定に関する [1] , [2] の文章を読んで、以下の問い (問1～問13) に答えなさい。

[1] 化学平衡

気体の水素とヨウ素の反応は可逆反応で、次のような平衡状態に到達する。



(*)式の正反応の速度 v_1 と逆反応の速度 v_2 はそれぞれ、次のように表される。

$$v_1 = k_1[\text{H}_2][\text{I}_2]$$

$$v_2 = k_2[\text{HI}]^2$$

この式中の k_1 , k_2 は (①) といい、(②) や触媒の存在、さらに反応の種類にも依存する。

(*)式の平衡状態では、 $v_1 = v_2$ が成り立つので、この平衡の平衡定数 K は、

$$K = \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2][\text{I}_2]} = (③)$$

となる。

ある絶対温度 T において、 $K = 4.0$ であった。

問1 (①) , (②) に入る適当な語句を答えなさい。

問2 (③) に入る式を、 k_1 , k_2 を用いて答えなさい。

問3 (*)式の平衡に対し次の操作A～Dを加えた場合、平衡はそれぞれどのようになるか。最も適当なものを、下の(ア)～(ウ)の中から1つずつ選び、その記号で答えなさい。

A 水素を除く B ヨウ素を加える C 圧力を大きくする D 触媒を加える

(ア) 右に移動する (イ) 左に移動する (ウ) 移動しない

問4 (*)式の正反応の活性化エネルギーが 174 kJ であるとき、逆反応の活性化エネルギーは何 kJ となるか。整数で答えなさい。

問5 (*)式の可逆反応において、絶対温度 T よりも高い温度で反応させると、平衡定数 K の値はどのように変化するか。理由とともに簡潔に説明しなさい。

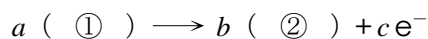
問6 一定容積の密閉容器中に 1.0 mol の水素 (気体) と 2.0 mol のヨウ素 (気体) を入れて, (*)式の可逆反応を起こさせた。絶対温度 T において平衡状態となったとき, ヨウ化水素の物質量は何 mol となるか。有効数字 2 桁で答えなさい。解答欄には計算の過程も記しなさい。

[2] 電気分解と中和滴定

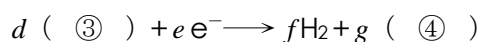
<操作1>

図2-1のように陽イオン交換膜（陰イオンを遮断し，陽イオンのみを透過させる膜）で仕切られた陽極側に塩化ナトリウムの飽和水溶液 100 mL を，陰極側に (X) mol/L の水酸化ナトリウム水溶液 100 mL を入れ，1.00 A の電流を 22 分 31 秒通電した。

このとき，陽極で起こる反応は



である。また，陰極で起こる反応は，



である。

溶液中では (⑤) は陽イオン交換膜を透過し，陽極側から陰極側に移動する。一方，(①) や (④) は陽イオン交換膜を透過できないため，陰極側で水酸化ナトリウム水溶液の濃度は大きくなっていく。

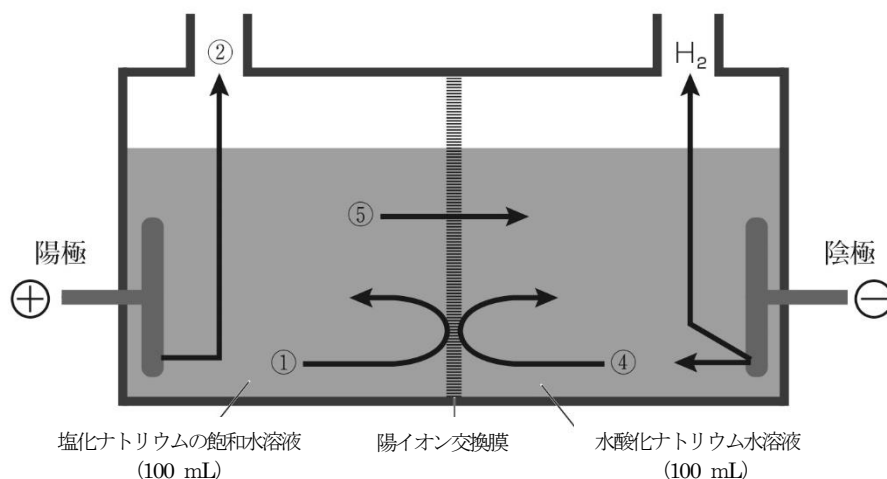


図2-1

問7 (①) ~ (⑤) に入る化学式，また， $a \sim g$ に当てはまる適当な整数値をそれぞれ答えなさい。ただし，係数が1になる場合は1と記しなさい。

問8 電気分解により，陰極で新たに生じた (④) の物質は何 mol か。有効数字2桁で答えなさい。解答欄には計算の過程も記しなさい。

<操作2>

次に、電気分解後の陰極側の水溶液 10.0 mL を正確にコニカルビーカーにはかりとり、ある量の二酸化炭素を吸収(反応)させ、水酸化ナトリウムと炭酸ナトリウムの混合水溶液を調製した。この水溶液を適切な指示薬を用いて、0.10 mol/L の塩酸で滴定したところ、**図2-2**の中和滴定曲線が得られた。

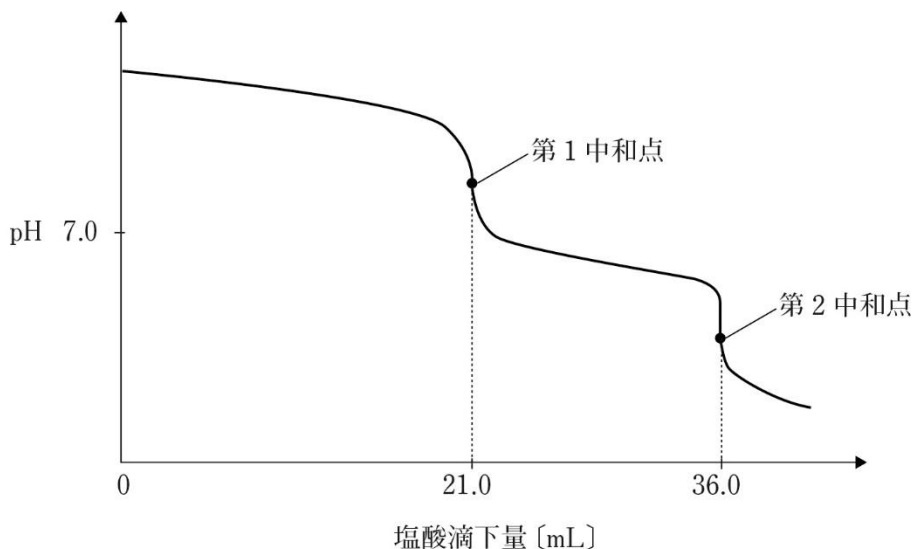


図2-2

問9 下線部の変化を化学反応式で答えなさい。

問10 第1中和点および第2中和点を知るのに適切な指示薬を、次の(ア)～(オ)の中からそれぞれ1つずつ選び、その記号で答えなさい。

- (ア) フェノールフタレイン (イ) ブロモチモールブルー (ウ) デンプン
(エ) メチルオレンジ (オ) リトマス

問11 第1中和点までに起こる反応、および第1中和点から第2中和点までに起こる反応をそれぞれ化学反応式で答えなさい。ただし、複数の反応が起こる場合は**すべて**記すこと。

問12 吸収された二酸化炭素は何 mol か。有効数字2桁で答えなさい。解答欄には計算の過程も記しなさい。ただし、電気分解の前後で水溶液の体積は変化しないものとする。

問13 <操作1>の(X)に入る数値を有効数字2桁で答えなさい。解答欄には計算の過程も記しなさい。

第3問 リンと油脂に関する [1] , [2] の文章を読んで、以下の問い (問1~問15) に答えなさい。

[1] リン

15 族元素であるリンは、リン酸塩として動物の骨や歯に多く含まれ、DNA の構成元素としても重要な元素である。

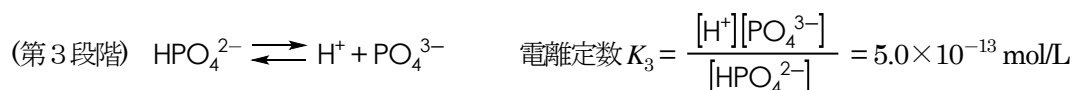
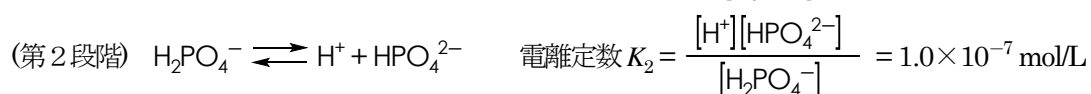
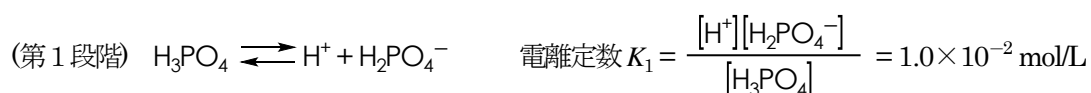
リン鉱石に硫酸を作用させて得られる、リン酸二水素カルシウム $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ と硫酸カルシウム CaSO_4 を含む混合物は (①) とよばれ、(a) リン (酸) 肥料 として用いられる。

単体である黄リンは分子式 (②) からなる淡黄色ろう状の固体で、空气中で (③) するため、通常は (④) に保存する。毒性が強く、皮膚を侵す。

空気を断ち、黄リンを 250°C に熱すると同素体である (⑤) となる。(⑤) の毒性は小さく、マッチ箱の側薬などに用いられる。

(b) リンを空气中で燃焼させると、十酸化四リンが生じる。十酸化四リンは吸湿性が強いため (⑥) として用いられる。(c) 十酸化四リンに水を加えて加熱すると、リン酸が生じる。

リン酸は3価の酸であり、以下のように3段階で電離する。



$1.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ のリン酸水溶液 10 mL に、 $1.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ の水酸化ナトリウム水溶液を滴下したときの滴定曲線を図3-1に示す。

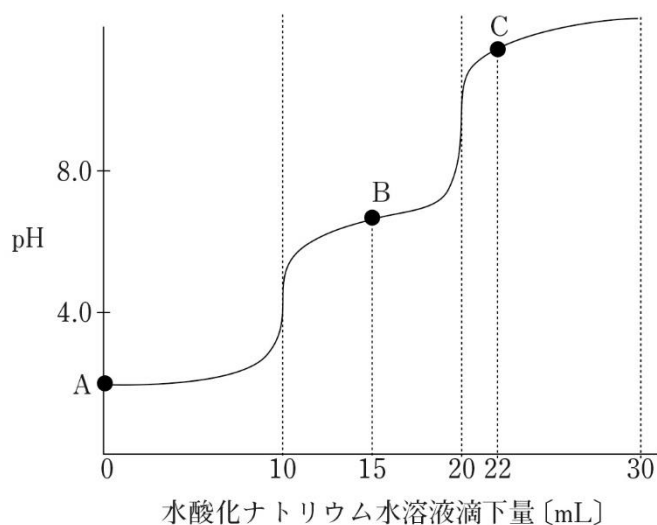


図3-1

問1 (①) ~ (⑥) に入る適切な化学式または語句を答えなさい。

問2 下線部(a)について、リン酸のカルシウム塩は $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ 以外に、リン酸水素カルシウム CaHPO_4 、リン酸カルシウム $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ があるが、肥料として $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ のみが用いられる理由を簡潔に説明しなさい。

問3 化学肥料には、リン(酸)肥料以外に窒素肥料とカリ肥料がある。1828年にウェーラーが初めて無機化合物から合成した有機化合物は、窒素肥料として用いられている。この有機化合物の名称を答えなさい。

問4 下線部(b), (c)で起こる変化を、それぞれ化学反応式で答えなさい。

問5 滴定前のリン酸は、第1段階の電離だけが起きているとみなせる。図3-1のA点のpHを四捨五入により小数第1位まで答えなさい。解答欄には計算の過程も記しなさい。

問6 図3-1において、水酸化ナトリウム水溶液の滴下量が15 mL (B点)の水溶液のpHを四捨五入により小数第1位まで答えよ。解答欄には計算の過程も記しなさい。

問7 図3-1のC点において、水溶液中に最も多く存在するリンPを含む分子またはイオンの分子式またはイオン式を記しなさい。

[2] 油脂

油脂は3分子の脂肪酸と、3価アルコールであるグリセリンからなるエステルである。脂肪酸には炭化水素基が単結合のみからなる飽和脂肪酸と、二重結合を含む不飽和脂肪酸がある。アマニ油のように、不飽和脂肪酸を多く含む脂肪油は空気中に放置すると炭素間二重結合が酸化されて固化する。このような脂肪油を(①)という。

また、(a) 脂肪油にニッケルを触媒として水素を付加させると、融点が高くなり固化する。 こうしてできた油脂を(②)という。

(b) 不斉炭素原子をもたない油脂Xに関する以下の実験を行った。

<実験1> X 0.352 g に水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱し、完全に加水分解したところ、60.0 mg の水酸化ナトリウムが消費され、グリセリンとともに、互いに構造異性体の関係にある直鎖の不飽和脂肪酸(AおよびB)のナトリウム塩のみが得られた。

<実験2> X 0.352 g に十分な量のヨウ素を付加させたところ、1.143 g のヨウ素が消費された。

<実験3> A と B それぞれにニッケルを触媒として水素を作用させると、いずれも飽和脂肪酸Cが得られた。

<実験4> 炭素間二重結合を含む化合物に硫酸酸性の過マンガン酸カリウム水溶液を加えて加熱すると、次のように二重結合の部分が開裂し、2種類のカルボン酸にまで酸化される。



A に硫酸酸性の過マンガン酸カリウム水溶液を加えて加熱したところ、3種類のカルボン酸D, E, Fが得られた。D, Eの分子式はそれぞれ $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$, $\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_4$ であった。同様に、Bに硫酸酸性の過マンガン酸カリウム水溶液を加えて加熱しても、得られたカルボン酸はAの場合と同じで、D, E, Fの3種類であった。

問8 (①), (②)に入る適当な語句を答えなさい。

問9 次の(1), (2)の示性式および分子式で表される脂肪酸に含まれる炭素間二重結合の数を、それぞれ整数で答えなさい。

(1) 示性式 $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}$

(2) 分子式 $\text{C}_{22}\text{H}_{32}\text{O}_2$

問 10 下線部(a)に関して、一般に同じ炭素数の不飽和脂肪酸よりも飽和脂肪酸の方がより融点が高い。その理由として最も適当なものを、次の(ア)～(エ)の中から1つ選び、その記号で答えなさい。

- (ア) 飽和脂肪酸の方が、酸化されにくい
- (イ) 飽和脂肪酸の方が、分子どうしの接触面積がより大きい
- (ウ) 飽和脂肪酸の方が、疎水性がより大きい
- (エ) 飽和脂肪酸の方が、分子量がより大きい

問 11 <実験1>より、仮に油脂Xが単一の分子からなるとした場合、Xの分子量を整数で記しなさい。

問 12 <実験2>より、1分子のXに含まれる炭素間二重結合の数を整数で記しなさい。

問 13 <実験3>で得られたCの分子式を記しなさい。

問 14 <実験4>で得られたカルボン酸Fの名称を記しなさい。

問 15 下線部(b)のXとして考えられる分子構造は何種類あるか。その数を記しなさい。ただし、立体異性体は区別しなくてよい。

第4問 核酸と糖類に関する [1] , [2] の文章を読んで、以下の問い (問1～問11) に答えなさい。

[1] 核酸

生物の細胞に存在する核酸は遺伝情報の伝達の中心的な役割を担っている。核酸の構成単位をヌクレオチドといい、五炭糖、塩基、リン酸からなる。核酸にはDNAとRNAがあり、DNAのヌクレオチドの糖部分は (①) であり、RNAでは (②) である。また、DNAのヌクレオチドの構成塩基はアデニン (略号A) , グアニン (略号G) , シトシン (略号C) , チミン (略号T) であるのに対し、RNAでは (③) である。

核酸はヌクレオチドどうしが縮合重合したポリヌクレオチドである。DNAは2本のポリヌクレオチドが塩基間の水素結合により2本鎖の (④) 構造をとるのに対し、RNAは通常1本鎖として存在する。

生物の遺伝情報は、細胞内の核の中の染色体に存在しており、DNAの塩基の配列として受け継がれている。

問1 (①) ~ (④) に入る適切な語句を答えなさい。ただし、(③) にはRNAのヌクレオチドに含まれる塩基の名称をすべて記すこと。

問2 核酸を構成するヌクレオチドどうしが縮合する際、リン酸基が関与する。図4-1のヌクレオチドにもう1つのヌクレオチドが縮合するときリン酸基が結合する部位を、図4-1の構造式中の(ア)~(エ)の中から1つ選び、その記号で答えなさい。

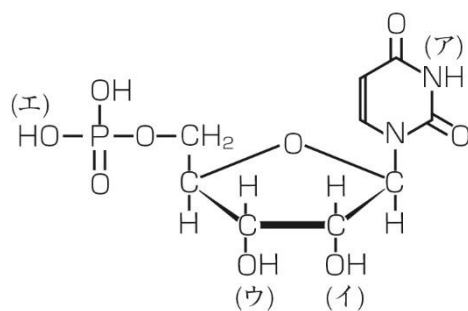
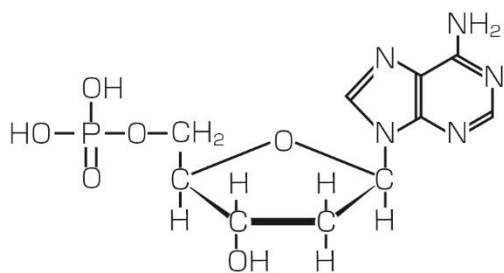


図4-1

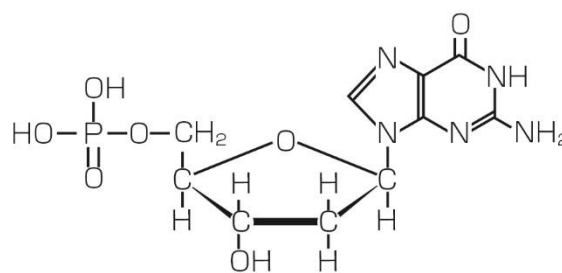
問3 ある微生物のDNAは1分子あたり 1.0×10^8 塩基対からなり、構成塩基の20%がアデニンである。

このDNAに関して、次の(1)～(3)に答えなさい。

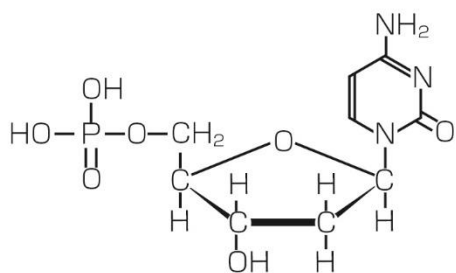
- (1) この微生物のDNAの構成塩基のうち、グアニンの割合は何%か。整数で答えなさい。
- (2) この微生物のDNA1分子の塩基対内に形成される水素結合の数を、有効数字2桁で答えなさい。解答欄には計算の過程も記しなさい。
- (3) アデニン、グアニン、シトシン、チミンを含むヌクレオチドの構造とその分子量を図4-2に示す。この微生物のDNAの分子量を有効数字2桁で答えなさい。ただし、DNAの分子量は2本鎖を合わせたものとする。解答欄には計算の過程も記しなさい。



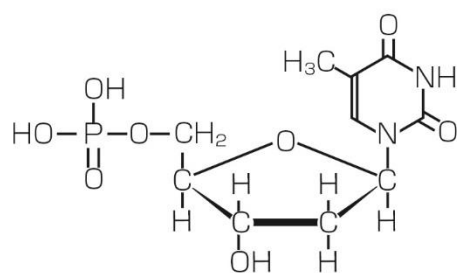
アデニンを含むヌクレオチド
(分子量 331)



グアニンを含むヌクレオチド
(分子量 347)



シトシンを含むヌクレオチド
(分子量 307)



チミンを含むヌクレオチド
(分子量 322)

図4-2

[2] 糖類

糖類にはそれ以上加水分解されない単糖類、加水分解によって1分子から2分子の単糖類が生じる二糖類、単糖類の重合体である多糖類などがある。

単糖類であるグルコースを水に溶かすと、 α -グルコース (α 型)、 β -グルコース (β 型)、少量の鎖状構造の混合物となる。

スクロースは酵素 (①) のはたらきで加水分解し、グルコースとフルクトースの等量混合物である (②) が生じる二糖類で、(a) スクロースの水溶液は還元性を示さない。

多糖類であるデンプンは α -グルコースからなり、直鎖状構造をもつ (③) と、分枝の多い構造をもつアミロペクチンに分けられる。(b) (③) やアミロペクチンはヨウ素液により呈色する。デンプンを希酸や酵素アミラーゼで加水分解すると、比較的分子量の小さい (④) を経てマルトースを生じ、マルトースは酵素 (⑤) によって加水分解されグルコースが生じる。

デンプン同様に、 α -グルコースのみからなるプルランとよばれる多糖類は化粧品などに用いられる。プルランを α -1,6-グリコシド結合のみを加水分解する枝切り酵素プルラナーゼで加水分解すると、(c) 分子量 504 の化合物 A のみが得られた。

また、プルランに硫酸ジメチルを反応させると、そのヒドロキシ基 (-OH) がすべてメチル化 (-OCH₃ に変換) される。ついで、これを希酸でグリコシド結合を加水分解すると図4-3の化合物 B, C, D が得られた。このとき、1位の炭素原子 (C1 炭素原子) に結合していた-OCH₃だけは、反応性が高く加水分解の際に-OHに戻る。得られた B, C, D は物質質量比でおよそ B : C = 1 : 2 で、D はごく微量であった。

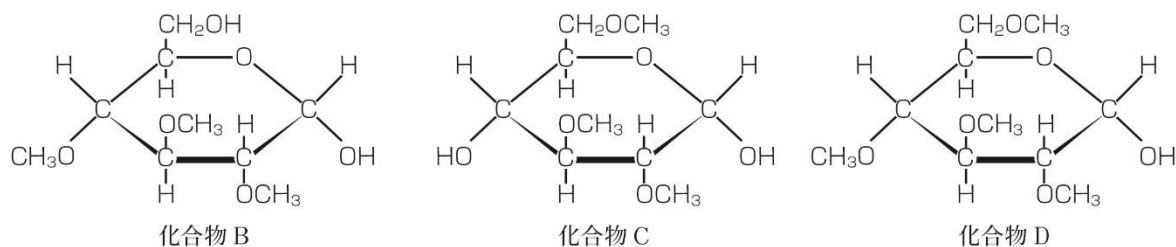


図4-3

問4 スクロースの分子式を答えなさい。

問5 (①) ~ (⑤) に入る適切な語句を答えなさい。

問6 下線部(a)に関して、スクロースの水溶液が還元性を示さない理由を簡潔に説明しなさい。

問7 下線部(b)に関して、その理由を簡潔に説明しなさい。

問8 α -グルコース2分子からなる二糖類トレハロースは還元性を示さない。トレハロースの構造式を図4-3にならって記しなさい。

問9 α 型のみで構成される固体のグルコースを水に溶解させると、 β 型のグルコースが一定の割合で生じる。 α 型のグルコースから β 型のグルコースが生じる理由を「鎖状構造」という語を用いて簡潔に説明しなさい。

問10 下線部(c)の化合物Aの構造式を図4-3にならって記しなさい。

問11 プルランの構造中の α -1,6-グリコシド結合において、6位で結合していたグルコースに由来するものは、図4-3の化合物B, C, Dのうちどれか。その記号を記しなさい。