

令和4年度入学試験問題

理 科

	ページ
物 理.....	1～16
化 学.....	17～31
生 物.....	32～49
地 学.....	50～60

注 意 事 項

試験開始後、選択した科目の問題冊子及び解答用紙のページを確かめ、落丁、乱丁あるいは印刷が不鮮明なものがあれば新しいものと交換するので挙手すること。

1. 試験開始の合図があるまで問題冊子を開かないこと。
2. 試験開始後は、すべての解答用紙に受験番号（2か所）・氏名を記入すること。
3. 解答は、必ず解答用紙の指定されたところに記入すること。
4. 解答する数字、文字、記号等は明瞭に書くこと。
5. 解答用紙は持ち出さないこと。

化 学

必要があれば、次の値を用いよ。原子量：H = 1.0, C = 12, O = 16, Br = 80。

気体はすべて理想気体として取り扱うものとする。

1 次の文章を読み、問1～問6に答えよ。

化学結合は3種類に分類できる。すなわち、自由電子の共有による金属原子どうしの化学結合である金属結合、陽イオンと陰イオンが互いに引き合って結びついたイオン結合、そして 電子を原子間で互いに共有してつくられる共有結合である。化学結合以外には、水素結合やファンデルワールス力とよばれる分子間力による比較的弱い結合もある。

これらの結合により構成される固体の中には、構成している原子や分子が空間的な規則性をもたずに配列している とよばれる固体がある。 は結晶とは異なる性質を有し、一定の融点を示さない。

問 1 , に入る適切な語句を記せ。

問 2 次の(あ)～(お)のうち金属結合に関する記述として正しいものを1つ選び、記号で答えよ。

- (あ) ドライアイスは、金属結合から形成された代表的な結晶である。
- (い) 金属結合をもち、常温・常圧で液体である金属は存在しない。
- (う) 金属結合からなるすべての結晶は、強い力を加えると特定の面に沿って割れる。
- (え) 金属結合から形成された結晶は、独特な光沢を示す。また一般的に、電気や熱をよく伝える。
- (お) 金属結合から形成された結晶は、水に溶けて陽イオンおよび陰イオンに分かれる。

- 問 3 ある金属の結晶は図1に示す立方体の単位格子をもち、その密度は 8.9 g/cm^3 、その一辺の長さは $3.6 \times 10^{-8} \text{ cm}$ である。この金属の原子量を求めよ。解答欄には計算の過程を含めて記入し、有効数字2桁で示せ。ただし、アボガドロ定数は $6.0 \times 10^{23} / \text{mol}$ とする。

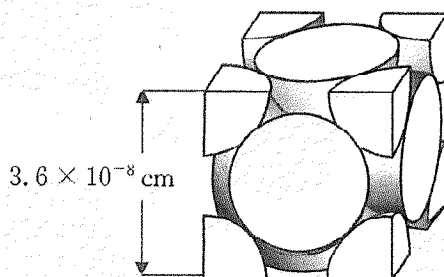


図1

- 問 4 共有結合の結晶(共有結合結晶)からなる物質として、ダイヤモンドがある。0℃でダイヤモンドと同じく共有結合の結晶を形成する化合物を次の(あ)~(お)から1つ選び、記号で答えよ。
- (あ) NaCl (い) SiC (う) ZnS
(え) H₂O (お) ナフタレン(C₁₀H₈)

- 問 5 ダイヤモンドの燃焼熱(kJ/mol)を求めよ。また解答欄には計算の過程を含めて示せ。なお、ダイヤモンド中のC-Cの結合エネルギーは354 kJ/mol、CO₂中のC=Oの結合エネルギーは799 kJ/mol、O₂中のO=Oの結合エネルギーは494 kJ/molとする。

(問題は、次ページに続く。)

問 6 水素結合やファンデルワールス力に関する次の記述(あ)~(お)のうち、正しいものをすべて選び、記号で答えよ。

- (あ) アルコールの分子どうしが水素結合を形成するため、分子量の近い炭化水素に比べて、アルコールは高い沸点を示す。
- (い) 酢酸は、無極性溶媒中では、酢酸分子どうしが水素結合により反発するため、二量体を形成することができない。
- (う) 極性分子間にはたらく静電的な引力や、すべての原子間にはたらく力を合わせて水素結合とよぶ。
- (え) 一般的に構造の似た分子で分子量が大きいほど融点や沸点が高くなる傾向にあるのは、分子量の増加とともにファンデルワールス力も大きくなるためである。
- (お) 水とエタノールがよく溶け合うのは、互いの分子間に水素結合が生じるためである。

2 次の文章Ⅰおよび文章Ⅱを読み、問1～問7に答えよ。

(文章Ⅰ)

ハロゲンの単体は有色、有害の **ア** 原子分子であり、常温における単体の状態は分子量によって変わる。ハロゲンはナトリウムなどの金属元素とイオン結合で結びついた塩をつくる。このようなイオン結晶では陽イオンと陰イオンの中心間の距離が離れると引力が減少する。ハロゲン化ナトリウムの融点はハロゲンの原子量の増加とともに **イ** なる。ハロゲン化ナトリウムは水に溶けやすいが、**ウ** を除くハロゲン化銀は水に溶けにくい。いくつかのハロゲン化銀は **エ** によって銀とハロゲン単体に分解するため次第に黒くなる。これを感じ **エ** 性という。一方、ハロゲンは水素などの非金属元素とは共有結合で結びついた分子をつくる。ハロゲン化水素は、有毒で、常温では **オ** 色の気体である。

(文章Ⅱ)

図1に示す陽イオン交換膜で仕切られたガラス製の電気分解装置を用意した。この装置の陽極側に赤紫色の炎色反応を示すハロゲン化アルカリ金属 AX (A はアルカリ金属、X はハロゲン) の水溶液を 50 mL、陰極側に A の水酸化物 (AOH) の水溶液を 50 mL 入れた。陽極として黒鉛、陰極として白金を用い、直流電流を流して電気分解を行った。電気分解により陰極から気体が発生した。一方、陽極からは気体は発生せず、昇華性を示す物質 B が生成した。物質 B はただちにハロゲン化物イオン X^- と 1 : 1 のモル比で結合してイオン C となり、溶液は着色した。なお、電気分解により陽極および陰極は侵されず、電気分解前後で溶液の体積は変化しないものとする。

電気分解後に陽極側および陰極側それぞれの溶液を均一になるようにかき混ぜた。次に、陽極側の溶液の一部を採取し、硫化鉄(Ⅱ)に希塩酸を加え発生させた気体 D を通じると、溶液の着色は消失し、さらに固体微粒子 E が生成して溶液は濁った。

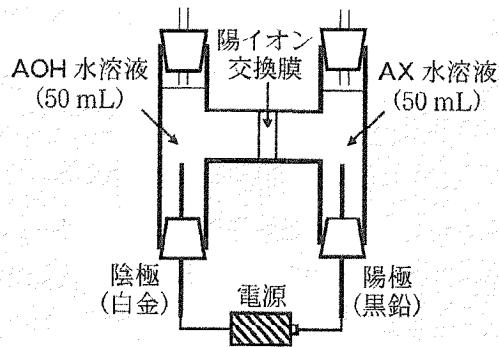


図1 電気分解の実験装置

問1 文章Iの ～ に入る適切な語句または数字，化合物名のいずれかを記せ。また， に入る適切な語句を次の(あ)～(え)から1つ選び，記号で答えよ。

- (あ) 赤褐色 (い) 淡黄 (う) 淡青 (え) 無

問2 ハロゲンの単体や化合物に関する次の記述(1)～(3)について，正しいものを選択肢の中から1つずつ選び，記号で答えよ。

(1) 第2周期のハロゲン単体と水素(H_2)との反応性

- (あ) 冷暗所でも爆発的に反応 (い) 常温でも光により爆発的に反応
(う) 水素とは直接反応しない (え) 触媒の存在下で加熱により反応

(2) 第3周期のハロゲン単体の常温における色

- (か) 黄緑色 (き) 黒紫色 (く) 赤褐色 (け) 淡黄色

(3) 第2周期～第5周期のハロゲンと水素の化合物(ハロゲン化水素)の沸点を高い順にならべたときの，第5周期のハロゲン化水素の沸点の順番

- (さ) 1番目 (し) 2番目 (す) 3番目 (せ) 4番目

問3 水溶液にしたとき石英ガラスと化学反応を起こすため，石英ガラス容器に保存できないハロゲン化水素の名称を答えよ。また，この反応を化学反応式で記せ。

(問題は，次ページに続く。)

問 4 ハロゲンの単体のうち最も小さい分子量の物質と水を反応させると、無色で無臭の気体が発生する。この気体が発生させる方法を次の(あ)~(お)から2つ選び、記号で答えよ。

- (あ) 酸化マンガン(IV)に濃塩酸を加えて加熱する。
- (い) フッ化カルシウムに濃硫酸を加えて加熱する。
- (う) 塩素酸カリウムに少量の酸化マンガン(IV)を加えて加熱する。
- (え) 炭酸カルシウムに希塩酸を加える。
- (お) 陽極および陰極として白金を用いて硝酸銀水溶液を電気分解する。

問 5 文章Ⅱのハロゲン化アルカリ金属 AX、イオン C および気体 D を化学式で記せ。

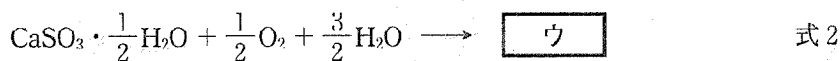
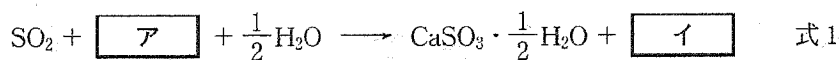
問 6 文章Ⅱの下線部のように、電気分解後の陽極側の溶液 5.0 mL を採取し、これに気体 D を通じた。ここで、標準状態で 0.448 mL の気体 D が過不足なく反応し、溶液の着色は完全に消失し、固体微粒子 E が生成した。次の(1)と(2)に答えよ。

- (1) 電気分解により陽極側の溶液で生成したすべての物質 B の物質質量[mol]を求め、有効数字2桁で示せ。
- (2) 電気分解時の直流電流が 1.93×10^{-2} A であるとき、電気分解の時間[秒]を求め、有効数字2桁で示せ。ただし、ファラデー定数を 9.65×10^4 C/mol とする。

問 7 文章Ⅱについて、電気分解前の陰極側の AOH 水溶液の濃度が 3.2×10^{-2} mol/L のとき、電気分解後の陰極側の溶液の pH を求めよ。解答欄には計算の過程を含めて記入し、小数点以下第2位を四捨五入して、小数第1位まで示せ。ただし、溶液の温度は 25 °C とする。また、陽イオン交換膜を通過できるのは A^+ のみであり、陽イオン交換膜と溶液の間で水素イオン(オキソニウムイオン)の移動は起こらないものとする。必要に応じて次の値を用いよ。 $\log_{10}2 = 0.30$ 、25 °C における水のイオン積 $K_w = 1.0 \times 10^{-14}$ (mol/L)²。

3 次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

工場などの排煙に含まれる二酸化硫黄が大気中で酸化されることによって生じる硫酸は、雨水に溶解すると酸性雨として問題視される。そこで、大気中への二酸化硫黄の排出量を減らすために、排煙を、ア を主成分とする石灰石と混合することによって二酸化硫黄を除去する排煙処理方法が広く用いられている。この方法では、粉状にした石灰石と水の懸濁液に、二酸化硫黄を含む排煙を吹き込む。このとき、式1のように亜硫酸カルシウム半水和物が生成すると同時にイが発生する。そして、式2のように亜硫酸カルシウム半水和物を酸素および水と反応させてウとして取り出して有効利用している。



雨水のpHを小さくする原因物質として、二酸化硫黄由来の硫酸の他に窒素酸化物由来の硝酸があげられる。一方、雨水のpHを大きくする物質も存在する。例えば、畜産業などが盛んな農業地帯から放出されているアンモニアは雨水に溶解することで雨水のpHを大きくする。この雨水が土壤に降り注ぐと、アンモニアの電離で生じた陽イオンは、土壤中のさまざまな微生物が酸素を用いておこなう一連の反応に利用されてAイオンとなる。このときに用いられる酸素はBとしてはたらき、窒素原子の酸化数は-3から+5に増加する。必要となる酸素分子は、アンモニアの電離で生じた陽イオン1molに対して2molである。この反応過程において、1molの水分子が生成すると同時に、2molのCイオンが土壤中に放出される。このような過程を経ることにより、雨水に溶解したアンモニアは土壤に含まれる水分のpHをDすることに寄与する。一方、アンモニアは大気中における硝酸との反応で塩を生成し、微小な粒子であるPM_{2.5}の一種となることも知られている。

問 1 文章中および式 1, 2 中の ア ~ ウ に入る化合物を化学式で記せ。

問 2 下線部①について、この化合物の名称を 5 文字以内で記し、その用途としてもっとも適切なものを、次の(あ)~(お)から 1 つ選び、記号で答えよ。

- (あ) 漂白剤の原料 (い) 歯磨き粉の原料 (う) 建築材料
(え) 乾燥剤 (お) セッケンの製造

問 3 下線部②について、次の(1)~(3)に答えよ。

- (1) アンモニアが水に溶解したときの電離平衡を化学反応式で記せ。
(2) アンモニアの濃度を c (mol/L), 電離定数を K_b (mol/L) とする。電離平衡の状態にあるときの電離度 α を、 c と K_b を用いた式で表わせ。なお、 α は 1 より十分小さいものとする。
(3) アンモニア水の pH を、水のイオン積 K_w [(mol/L)²], K_b , c を用いた式で表わせ。

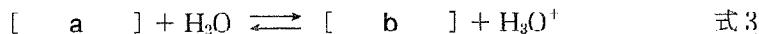
問 4 文章中の A ~ D に入る適切な語句を次の(あ)~(さ)から選び、それぞれ記号で答えよ。

- (あ) 亜硝酸 (い) 塩化物 (う) 大きく (え) 還元剤
(お) 酸化剤 (か) 硝酸 (き) 触媒 (く) 水酸化物
(け) 水素 (こ) 小さく (さ) 二酸化窒素

(問題は、次ページに続く。)

問 5 下線部③について、次の(1)~(5)に答えよ。

- (1) この塩は水に溶けると電離したのちに加水分解する。この加水分解を示した以下の化学反応式の[a], [b]に入るイオンまたは化合物を化学式で記せ。

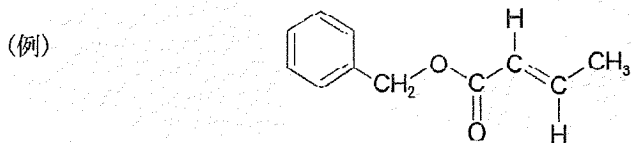


- (2) この加水分解の反応の平衡定数を K とすると、水の濃度 $[\text{H}_2\text{O}]$ は十分に大きいので、 $K[\text{H}_2\text{O}]$ は加水分解定数 K_b [mol/L] で表される。この K_b を、式 3 の [b] の電離定数 K_a [mol/L] と水のイオン積 K_w [(mol/L)²] を用いた式で表わせ。
- (3) この塩の水溶液の濃度を c [mol/L] としたとき、式 3 の [a] が加水分解している割合 h を、 c と K_b を用いた式で表わせ。なお、 h は 1 より十分小さいものとする。
- (4) この塩の水溶液の pH を、 K_w 、 K_b 、 c を用いた式で表わせ。
- (5) pH が 5.6 以下の雨水は酸性雨とよばれるが、日本の多くの地域において、雨水の pH の年平均値は 5 よりも小さい。この塩を水に溶解したとき、その水溶液の pH が 5 より小さくなる K_b と c の組み合わせとして正しいものを次の(あ)~(え)から 1 つ選び、記号で答えよ。

ただし、 $K_w = 1.0 \times 10^{-14}$ (mol/L)² とする。

- (あ) $K_b = 2.9 \times 10^{-4}$ mol/L, $c = 0.30$ mol/L
(い) $K_b = 2.9 \times 10^{-4}$ mol/L, $c = 0.20$ mol/L
(う) $K_b = 2.3 \times 10^{-5}$ mol/L, $c = 0.25$ mol/L
(え) $K_b = 2.3 \times 10^{-5}$ mol/L, $c = 0.20$ mol/L

- 4 次の文章を読み、問1～問6に答えよ。解答で構造式を示す場合には例にならって記せ。



アルケンは硫酸酸性の過マンガン酸カリウム水溶液と高温で反応すると、炭素間の二重結合が開裂し、カルボニル化合物が得られる(図1)。二重結合を形成している炭素原子に水素原子が結合している場合は、生じたアルデヒドがさらに酸化されてカルボン酸になる。なお、この反応条件ではベンゼン環は、一般的に反応しない。また、トルエンに、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、安息香酸が生じる。

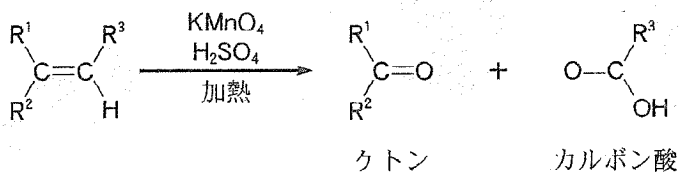


図1 アルケンの酸化反応 (R¹, R², R³はアルキル基を示す)

分子式 C₉H₁₀ で表わされる芳香族化合物で、ベンゼン環以外の環構造をもたない異性体である化合物 A, B について、以下の実験をおこなった。

実験1 化合物 A と B に、それぞれ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、化合物 A からは化合物 C, D が生成し、化合物 B からは化合物 E, D が生成した。なお、化合物 D は反応中、さらに酸化されて水と二酸化炭素が生成した。

実験2 化合物Cは、*o*-キシレンを過マンガン酸カリウムで酸化しても得られなかった。また、化合物Cを加熱すると、分子内で縮合反応が起こり、酸無水物が生成した。

実験3 化合物Eに水酸化ナトリウムとヨウ素を反応させると、黄色沈殿が生じた。

実験4 化合物Aに対して、適切な触媒を用いて水を付加させたところ、主生成物として不斉炭素原子をもつ化合物Fが得られた。

実験5 1 molの化合物Bに触媒を用いて1 molの水素を付加させると、が生じた。さらに、を酸素で酸化した後、希硫酸で分解するととが生成した。また、に塩化鉄(III)水溶液を加えると、呈色した。一方、は呈色しなかった。

実験6 化合物Bを試験管にとり、室温、暗所下で臭素を少しずつ加えて、よく混ぜると臭素の色が消失した。このとき、化合物Bに1分子の臭素が付加した化合物Gが生じた。

問1 文章中の説明を参考にして、シクロヘキセン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起こる反応の化学反応式を、構造式を用いて記せ。また、生成物の名称を記せ。

問2 化合物A～Gの構造式を記せ。ただし、鏡像異性体がある場合は区別しなくてよい。

問3 実験5について、～に入る適切な化合物名を記せ。

(問題は、次ページに続く。)

問 4 下線部について，分子式 C_9H_{10} で表わされる芳香族化合物で，ベンゼン環以外の環構造をもたない異性体は，化合物 A, B を含めて何種類あるか，数字で答えよ。ただし，幾何異性体は互いに区別するものとする。

問 5 問 4 の異性体の中に，1 分子の臭素を付加させると不斉炭素原子を 2 つもつ化合物を生じる異性体がある。その異性体の構造式をすべて記せ。ただし，幾何異性体は互いに区別するものとする。

問 6 実験 6 について，69.5 g の化合物 G が生成したとき，反応に使われた臭素の量は何 mL か，小数点以下第 2 位を四捨五入して，小数第 1 位まで示せ。なお，解答欄には計算の過程を含めて記入せよ。臭素の密度は 3.1 g/mL とする。

5 次の文章Ⅰおよび文章Ⅱを読み、問1～問7に答えよ。

(文章Ⅰ)

高分子化学の発展に伴い、多くの合成高分子化合物(合成樹脂)が用いられるようになった。ナイロン66やポリエチレンテレフタレート、ポリメタクリル酸メチル、ポリカーボネートなどは、加熱により軟化し、その後、常温へと戻すと変形しにくい性質を持つ。

このほか、弾性、絶縁性を持つ天然ゴムや合成ゴムの多くは炭素どうしの繰り返し構造により形成される。天然ゴムは空気中で劣化しやすいが、フッ素ゴムやシリコーンゴムなどの合成ゴムには、耐熱性、耐薬品性に優れたものがある。

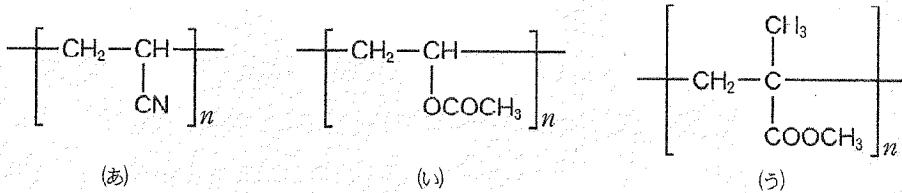
デンプンやセルロースなどの天然高分子化合物を原料として製造された化合物や、乳酸やグリコール酸などが重合した合成高分子化合物は、生体内の酵素や微生物などの作用により、生体内や環境中に放置されても分解される。

(文章Ⅱ)

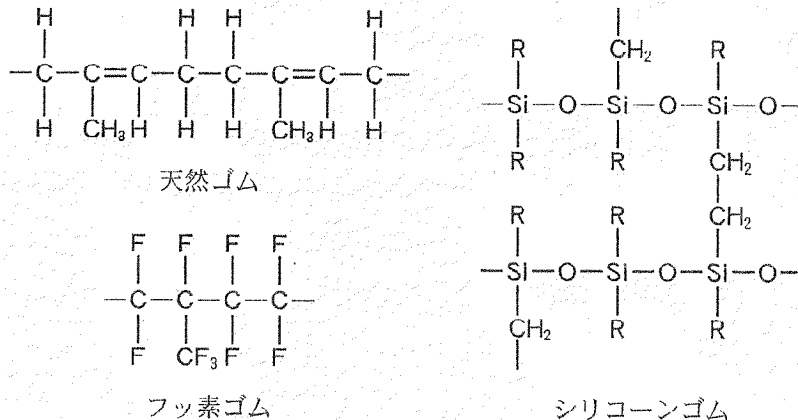
遺伝子の本体であるDNAやタンパク質合成に関与するRNAも高分子化合物である。DNAやRNAの単量体はリン酸と五炭糖、核酸塩基で構成され、リン酸部分と糖部分とが脱水縮合することにより、鎖状の高分子化合物となる。

DNAを形成する核酸塩基には、アデニン、グアニン、チミン、シトシンの4種類が存在する。一本鎖DNAと呼ばれる分子を形成する場合を除き、これらの核酸塩基は水素結合により相補的に分子対を形成する。その場合には、全核酸塩基数とその中の1種類の核酸塩基数の割合とがわかると、分子量が明らかになる。RNAの場合、4つの核酸塩基のうち3つはDNAと共通し、1つは異なる。また五炭糖の構造もDNAとは異なる。

問 1 下線部①のポリメタクリル酸メチルの正しい構造はどれか。次の(あ)～(う)から適切なものを1つ選び、記号で答えよ。



問 2 天然ゴム、フッ素ゴム、シリコーンゴムの構造を以下に示す。下線部②について、フッ素ゴムやシリコーンゴムが天然ゴムと比べて空气中で劣化しにくい理由を化学構造の違いに基づき 45 字以内で説明せよ。(R：アルキル基)



問 3 下線部③のセルロースに濃硫酸と濃硝酸との混合物を作用させると得られるトリニトロセルロースは、火薬として用いられる。以下の反応式にならない、上述の反応の反応式を記せ。



問 4 下線部④に示した乳酸の重合について、始めに起こる反応を次の(あ)～(え)から1つ選び、記号で答えよ。

(あ) 開環重合 (い) 脱水縮合 (う) 中和反応 (え) 付加反応

(問題は、次ページに続く。)

問 5 下線部⑤に示したように、生体内には化合物の分解を促進する高分子化合物の一種である酵素が、数多く存在する。それに関連する下記の文章中の(A)～(D)に適切な化合物名を記せ。

ラクターゼはラクトース(乳糖)を分解し、単糖(A)と(B)を、インベルターゼはスクロース(ショ糖)を分解し、単糖(A)と(C)を生成する。また、リパーゼはオリブ油(オリーブ油)を分解すると、主な分解生成物としては、オリブ油(オリーブ油)を構成する脂肪酸のうち $\frac{3}{4}$ をしめる二重結合を1つ持つ不飽和脂肪酸(D)や飽和脂肪酸のパルミチン酸、および(D)とグリセリンのエステルを生ずる。

問 6 文章Ⅱについて、(1)～(3)に答えよ。

- (1) DNA や RNA を構成する単量体の総称を記せ。
- (2) RNA を構成する単量体に含まれる五炭糖の名称を記せ。
- (3) DNA と RNA では、3つの核酸塩基は共通している。RNA を構成する核酸塩基のうち DNA のものと共通しないのはウラシルである。DNA を構成する核酸塩基のうち、どの核酸塩基が、RNA とは異なるか。適切な名称を記せ。

問 7 下線部⑥の場合で、核酸塩基の数が 1.0×10^9 個の DNA がある。この DNA 中のアデニンの数の割合が 30% をしめるとき、この DNA について(1)と(2)に答えよ。

- (1) シトシンの数の割合(%)を示せ。
- (2) 分子量を求めよ。解答欄には計算式を含めて記入し、有効数字2桁で示せ。ただし、アデニン、グアニン、チミン、シトシンを含む各単量体の分子量はそれぞれ、331、347、322、307 とする。

