

1

注意 教育学部, 理学部(数学科・生物学科・地質科学科・自然環境科学科),
工学部および農学部受験者用

次の文章を読んで, 問 1～問 7 に答えよ。

カルシウムは 2 族元素に属している。2 族元素にはカルシウムのほかに 5 種類の元素があるが, と を除く元素を特に と呼んでいる。2 族元素はいずれも 2 価の陽イオンになりやすい。しかし, と の 2 つの元素は, 単体の反応性において とかなり異なっている。カルシウム金属は 1 族の金属元素の単体と同様な銀白の光沢を示し, 電気や熱をよく通す。

カルシウムの化合物には, 炭酸塩, 硫酸塩など, 水に溶けにくいものが多い。この性質を利用して, カルシウムの硫酸塩はセッコウとして建築材料や医療用ギプスなど広く利用されている。これに対して, 塩化物は潮解性を示すなど水によく溶ける。この性質を利用して, 塩化カルシウムは乾燥剤などに用いられる。

酸化カルシウムは, 天然に大量に存在する炭酸カルシウムを空气中で強熱すると容易に生成する。酸化カルシウムが工業的に利用されている例として, 鉄の製錬がある。溶鉱炉では, 原料の鉄鉱石中にある不純物の二酸化ケイ素は, 炭酸カルシウムの熱分解で生じる酸化カルシウムと反応して, スラグとして銑鉄から除去されている。また, 我々のごく身近なところでは, 酸化カルシウムは缶入の酒や弁当を温めるためにも用いられている。

問 1 空欄 ～ にあてはまる適切な語あるいは元素記号を書け。

問 2 下線部(a)の理由を説明せよ。

問 3 下線部(b)の異なっている具体的な例を書け。

問 4 次の(1)および(2)に答えよ。

- (1) カルシウム金属の製造法として最も適当な方法を下記の中から選び、記号で書け。
- (ア) 酸化カルシウムを $900\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上に加熱して、水素と反応させる。
 - (イ) 炭酸カルシウムを $900\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上に加熱して、融解塩電解する。
 - (ウ) 塩化カルシウムを $900\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上に加熱して、融解塩電解する。
- (2) カルシウム金属の融点 ($839\text{ }^{\circ}\text{C}$) は、同じ周期中の 1 族のカリウム金属の融点 ($64\text{ }^{\circ}\text{C}$) に比べて極めて高い。この理由を説明せよ。

問 5 塩化カルシウムの飽和水溶液 100 g 中には $21\text{ }^{\circ}\text{C}$ で 43 g の塩化カルシウムが溶けている。 $21\text{ }^{\circ}\text{C}$ の水 100 g に塩化カルシウム六水和物は何 g 溶けるか、有効数字 2 桁で求めよ。計算の過程も示せ。

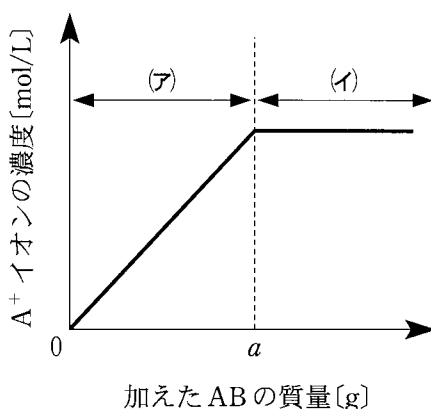
問 6 下線部(c)において、不純物の二酸化ケイ素は金属ケイ酸塩に変化する。このときの化学反応式を書け。

問 7 下線部(d)について、どのような原理を用いて温めているのか、化学反応式を用いて説明せよ。

2

注意 全学部受験者用

I 下図は、水 100 g にイオン A^+ とイオン B^- とからなるイオン結晶 AB を加えたときの、AB の質量に対する A^+ イオンの濃度変化を示したものである。図の(ア)および(イ)は横軸の 0 から a までと、 a より大きい領域をそれぞれ表している。この図をみて、問 1～問 4 に答えよ。水の密度は 1.0 g/cm^3 とし、AB を溶解しても溶液の体積と温度は変化しないものとする。



問 1 水溶液中の A^+ イオンや B^- イオンは水分子とクーロン力(静電気力)で穏やかに結びついて存在している。この現象を何というか書け。また、この現象は水分子のどのような電気的性質によって生じるか、70 字以内で説明せよ。

問 2 図の(ア)の部分でグラフが直線となる理由を 80 字以内で説明せよ。また、直線の傾きを求めよ。ただし、単位は $\text{mol}/(\text{L}\cdot\text{g})$ とし、必要ならば AB の式量は $M[\text{g/mol}]$ とせよ。

問 3 図の(イ)の部分で生じている溶解平衡を表す反応式を書け。

問 4 水 100 g に 4.0×10^{-6} mol の AB を加えた。AB の溶解度積は $1.8 \times 10^{-10} \text{ mol}^2/\text{L}^2$ である。このとき次の(1)~(3)に答えよ。

- (1) AB がすべて溶けたと仮定して、この溶液中の A^+ イオンの濃度 $[\text{A}^+]$ を有効数字 2 桁で求めよ。
- (2) AB がすべて溶けたと仮定して、この溶液中の A^+ イオンと B^- イオンの濃度の積 $[\text{A}^+][\text{B}^-]$ の値を有効数字 2 桁で求めよ。
- (3) 水 100 g に 4.0×10^{-6} mol の AB を加えた状態は図の(ア)あるいは(イ)のどちらに相当するか、記号で答えよ。理由も書け。

II 次の文章を読んで、問 5 および問 6 に答えよ。

原子の中心に存在する原子核を構成する粒子の数によって原子の原子番号と質量数が定められる。原子の化学的性質は原子番号によって決まり、質量数はほとんど関係しない。^(a)原子 1 個の質量は非常に小さく通常の取りあつかいに向いていない。そこで ^{12}C 原子 1 個の質量を 12 とする相対質量が定義されている。

物質の量を表すのに質量や体積で表すほかに、構成粒子(原子、分子など)の数で表すこともできる。そこで、 ^{12}C 12 g に含まれる原子数とおなじ粒子数を含む物質の量を 1 mol と定義する。1 mol に含まれる粒子数をアボガドロ定数と呼び、種々の方法により求められている。^(b)

問 5 下線部(a)について、次の(1)および(2)に答えよ。

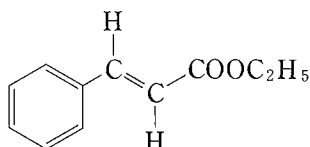
- (1) 原子番号が同じで質量数が異なる原子は互いに何と呼ばれるかを書け。
- (2) 原子の化学的性質が原子番号によってのみ決まる理由を 90 字以内で説明せよ。

問 6 下線部(b)に関係して、ケイ素の結晶を用いてアボガドロ定数 N_A を求めることができる。ケイ素の結晶は、一辺の長さ x の立方体に 8 個の原子が含まれる構造を持っており、密度は d である。次の(1)~(3)に答えよ。ケイ素の原子量は M とせよ。

- (1) ケイ素 1 mol の結晶の体積を x と N_A のみから求める式を書け。
- (2) ケイ素 1 mol の結晶の体積を d と M のみから求める式を書け。
- (3) N_A を x 、 d および M を用いて表す式を書け。

[注意] 構造式は下の(例)にならって簡略に示せ。

(例)



I 次の文章を読んで、問1～問3に答えよ。

エタノールは、リン酸を触媒としてエチレンに水蒸気を作用させることにより工業的に製造されている。エタノールは、酸化されると化合物Aになり、さらに酸化されると酢酸になる。エタノールと酢酸の混合物に濃硫酸を加えて温めると、化合物Bが生成する。^(a)

アルコールに濃硫酸を作用させることにより、エーテルが合成される。メタノールからは、低温下の反応で化合物Cが生成する。一方、エタノールからは、130～140℃で加熱することにより化合物Dが生成する。^(b)化合物Dは、揮発性で麻酔作用があり、常温で液体である。

問1 化合物A～化合物Dの名称と示性式を書け。

問2 下線部(a)の反応と、その反応で生成する化合物Bについて、次の(1)および(2)に答えよ。

(1) 反応の名称と化学反応式を書け。

(2) 1.76 gの化合物Bに、6.0 mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液を5.0 mL加えて熱し、完全に反応させた。この反応後の溶液を3.0 mol/Lの硫酸で滴定して中和するには理論的に何 mL必要か、有効数字2桁で求めよ。計算の過程も示せ。

問 3 下線部**(b)**が起こる反応について、次の(1)および(2)に答えよ。

- (1) この反応の化学反応式を書け。
- (2) この反応で温度を上げすぎると、化合物 D の生成量が減少する。その理由を説明せよ。

II 次の文章を読んで、問 4～問 8 に答えよ。

プロパンとベンゼンを触媒の存在下で反応させると、化合物 E が生成する。化合物 E の質量百分率は炭素 90% および水素 10% である。また、化合物 E の分子量は 120.0 である。

化合物 E を酸素で酸化して過酸化物としたのちに、希硫酸で分解すると、化合物 F と化合物 G になる。化合物 F は塩化鉄(Ⅲ)により青紫色を呈し、金属ナトリウムとは気体を発生しながら反応し、化合物 F の塩を生成する。また、化合物 F に濃硝酸と濃硫酸の混酸を作用させると、化合物 X および化合物 Y が生成し、さらに反応が進んで化合物 Z になる。一方、化合物 G は酢酸カルシウムの乾留(熱分解)によって得られる化合物と同一であり、水酸化ナトリウム水溶液とヨウ素を加えて温めると、特有のにおいをもった黄色の固体が生成する。

化合物 E を過マンガン酸カリウムで酸化すると化合物 H が生成する。炭酸水素ナトリウム水溶液に化合物 H を加えると、気体を発生しながら溶解する。

問 4 化合物 E の分子式を求めよ。計算の過程も示せ。

問 5 化合物 E～化合物 H を構造式で書け。

問 6 下線部**(c)**、**(f)**および**(g)**の化合物を化学式で書け。

問 7 下線部(d)の化合物 X～化合物 Z の分子量は, 139.0 または 229.0 である。

これらの化合物を構造式で書け。

問 8 下線部(e)の反応を化学反応式で書け。

4

注意 1 教育学部, 理学部(化学科), 医学部, 歯学部, 工学部および農学部
受験者用

注意 2 I は, 「生活と物質」から, II は, 「生命と物質」からの出題である。
いずれか一つを選択し, 解答すること。

I と II の両方の問題を解答した場合は, 両方とも採点の対象としないので, 注意すること。

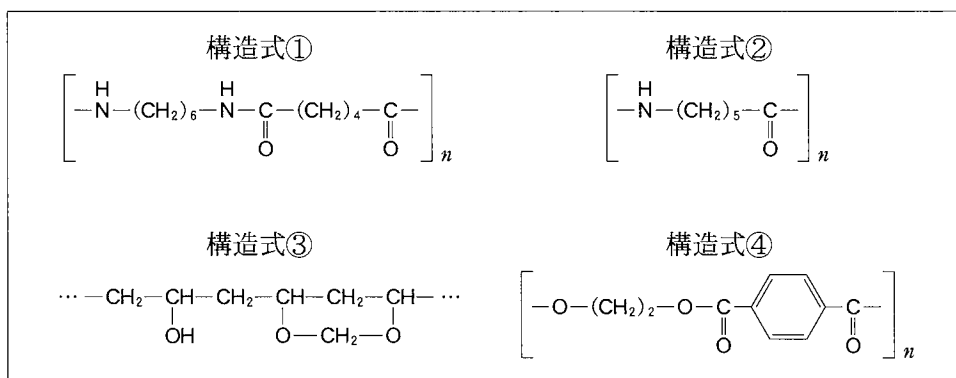
I 〈選択問題(生活と物質)〉

- (i) A群の(ア)~(イ)はいずれも私たちの日常生活と関わりの深い物質である。また B群はA群のいずれかの構造式である。次の問1および問2に答えよ。

[A群]

- (ア) アセテート (イ) エポナイト (ウ) 6,6-ナイロン(ナイロン66)
 (エ) イソプレン (オ) ポリ塩化ビニル (カ) 6-ナイロン(ナイロン6)
 (キ) ビニロン (ク) メラミン樹脂 (ケ) ポリエチレンテレフタレート
 (コ) ポリスチレン (サ) フェノール樹脂 (シ) ポリアクリロニトリル
 (ス) レーヨン (セ) シリコーン樹脂 (ソ) ポリビニルアルコール

[B群]



問 1 次の(1)~(8)の記述にあてはまる物質をA群から一つ選び、その記号を書け。同じものを繰り返し選んでもよい。また、あてはまる物質がない場合は「なし」と書くこと。

- (1) セルロースを原料とする半合成繊維である。
- (2) 生ゴムに30~40%の硫黄を加えて長時間加熱することで得られる。
- (3) ϵ -カプロラクタムを開環重合することで得られる。
- (4) ケイ素を構成元素として含み、繊維の防水剤やワックスに使われる。
- (5) 石油を原料に化学的に合成される染料である。
- (6) 炭素と水素のみを構成元素として含み、透明容器や断熱材の材料となる。
- (7) 窒素を構成元素として含む熱硬化性樹脂で、食器や塗料に使われる。
- (8) 酸素を構成元素として含まない熱可塑性樹脂で、ベンゼン環をもつ。

問 2 B群の構造式①~構造式④について、次の(1)~(3)に答えよ。

- (1) それぞれの物質の名称をA群から選び、その記号を書け。
- (2) もっとも吸湿性に優れているものはどれか、構造式の番号を書け。また、その理由を説明せよ。
- (3) 構造式①で表される物質の平均分子量が 2.71×10^4 であるとき、この物質1分子は平均して何個のアミド結合をもつか、有効数字2桁で求めよ。計算の過程も示せ。

(ii) 次の文章を読んで、問3～問5に答えよ。

油脂は食物成分として重要であり、(1) および (2) とともに三大栄養素と呼ばれる。さらに無機質(ミネラル)や (3) を含めて五大栄養素という。油脂はヒトの体内で、^{すい}膵液に含まれている酵素である (4) によって加水分解される。

油脂のうち、常温で固体のものを脂肪といい、^(a)飽和脂肪酸を多く含む。一方、大豆油などは常温で液体であり、脂肪油と呼ばれる。脂肪油のうち、不飽和脂肪酸を多く含み、空气中に放置すると固化しやすいものを (5) という。また、脂肪油にニッケル触媒下で水素を付加させて固体にしたものを (6) といい、マーガリンなどの原料となる。

油脂に水酸化ナトリウムを加えて加熱すると、加水分解されて (7) と脂肪酸^(b)のナトリウム塩が生成する。脂肪酸のナトリウム塩をセッケンという。セッケンは分子内に親水性と親油性(疎水性)をあわせもつため、水の表面張力を下げる性質をもつ。このような働きをする物質を (8) という。濃いセッケン水溶液でのセッケン粒子は、親油性部分を内側、親水性部分を表面に配列して球形のコロイド粒子集団を形成する。このような粒子集団を (9) という。セッケン水に油を少量混ぜて激しくかき混ぜると、油がセッケンに取り囲まれて水中へ分散する。このような現象を (10) という。

問3 空欄 (1) ～ (10) にあてはまる最も適切な語を書け。

問4 次の(ア)～(カ)の中から、下線部(a)の飽和脂肪酸に分類されるものをすべて選び、その記号を書け。

- | | | |
|---------------|-----------|------------|
| (ア) ドコサヘキサエン酸 | (イ) オレイン酸 | (ウ) ステアリン酸 |
| (エ) パルミチン酸 | (オ) リノール酸 | (カ) リノレン酸 |

問 5 下線部**(b)**の水酸化ナトリウムにかえて，水酸化カルシウムを用いると脂肪酸のカルシウム塩ができる。しかし脂肪酸のカルシウム塩は洗剤として利用できない。その理由を 25 字以内で説明せよ。

II 〈選択問題(生命と物質)〉

(i) 次の文章を読んで、問1～問6に答えよ。

ペプチドAは表1に示す5種類の α -アミノ酸1個ずつがペプチド結合で鎖状に結合したものである。ペプチドAの水溶液を用いて次の実験1～実験3を行った。なお、表1の-Rは α -アミノ酸の一般式を $R-CH(NH_2)COOH$ と表したときのRを示性式で示している。

実験1 ペプチドA水溶液に濃硝酸を加えて加熱すると黄色を呈し、これを冷却後、アンモニア水を加えると橙黄色になった。

実験2 ペプチドA水溶液に水酸化ナトリウム水溶液を加えた後、硫酸銅(II)水溶液を加えると溶液の色が変化した。

実験3 ペプチドA水溶液に水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱し、酢酸で中和した後、酢酸鉛(II)水溶液を加えると黒色沈殿が生じた。

表1

| α -アミノ酸 | -R |
|----------------|-----------------|
| グリシン | -H |
| システイン | $-CH_2SH$ |
| アスパラギン | $-CH_2CONH_2$ |
| グルタミン酸 | $-(CH_2)_2COOH$ |
| チロシン | $-CH_2C_6H_4OH$ |

問1 実験1および実験2の呈色反応の名称を書け。

問2 実験1の反応の要因となった α -アミノ酸を表1から選べ。

問3 実験2の反応後の溶液が呈する色を書け。

問 4 実験 3 で生じた黒色沈殿を化学式で書け。

問 5 ペプチド A の 1.2×10^{-3} mol/L 水溶液 50 mL に含まれるペプチド A の質量を有効数字 2 桁で求めよ。計算の過程も示せ。

問 6 表 1 の中から光学異性体が存在しない α -アミノ酸をすべて選べ。また、あてはまる α -アミノ酸がない場合は「なし」と書くこと。

(ii) 次の文章を読んで、問 7～問 11 に答えよ。

生物の遺伝をつかさどる核酸は、五炭糖に塩基とリン酸が結合した構造をもつヌクレオチドを構成単位とした高分子化合物である。ひとつのヌクレオチドの五炭糖のヒドロキシ基と、別のヌクレオチドのリン酸部分^(a)が結合して鎖状分子となっている。DNA と RNA では、構成する五炭糖の構造が異なる。また、DNA には略号で A、C、G および T と表す 4 種類の塩基があり、その配列順序が遺伝情報となる。RNA にも 4 種類の塩基があるが、1 種類だけが DNA とは異なっており、DNA の のかわりに RNA には が含まれている。DNA は、2 本のポリヌクレオチド鎖の塩基が特定の組み合わせで対をつくって^(c)存在している。

問 7 下線部(a)の共有結合の名称を書け。

問 8 下線部(b)について、DNA および RNA を構成する五炭糖のそれぞれの名称を書け。

問 9 空欄 および にあてはまる塩基の名称を書け。

問 10 下線部(c)について、対となる塩基間の結合の名称を書け。

問11 ある細菌の DNA を分離して塩基の組成を分析したところ、表 2 に示す結果となった。表 2 の x は DNA の 4 種類の塩基のうち、G と C の数の合計が全体の中で占める比率を表しており、細菌の分類の指標として利用されている。 x を有効数字 2 桁で求めよ。また、計算の過程も示せ。

表 2

| | $\frac{\text{G の数}}{\text{A の数}}$ | $\frac{\text{G の数} + \text{C の数}}{\text{全塩基数}}$ |
|-----|-----------------------------------|---|
| 比 率 | 0.535 | x |

次の文章を読んで、問 1～問 6 に答えよ。

黒色の純物質、粉末 A および粉末 B がある。粉末 A および粉末 B に希硫酸を加えたところ、粉末 A は変化しなかったが、粉末 B は溶けて青色の水溶液となった。燃焼実験を行ったところ、粉末 A は完全に燃焼して粉末が消失し、無色無臭の気体 C が発生したが、粉末 B は燃焼しなかった。粉末 A が燃焼した際に発生した気体 C は水酸化カリウム水溶液に吹き込むと吸収された。

粉末 A に高温の状態で二酸化炭素をしばらく接触させたところ、粉末は消失し、^(a)無色無臭の気体 D が発生した。このとき発生した気体 D は、還元性のある低級飽和脂肪酸に硫酸を加えて加熱したときに得られる気体と同じ気体であった。この気体に空気中で着火すると青白い炎を出して燃焼した。粉末 B を気体 D の気流中で加熱したところ、^(b)気体 C が発生し、残った固体の色は赤茶色に変化した。

粉末 B を希硫酸に溶かした水溶液を加熱濃縮して冷却したところ、^(c)青色の結晶が析出した。この結晶をろ過して取り出し粉砕したのち、^(d)加熱すると白色の粉末になったが、加熱を止めて大気中に放置しておいたところ、青色の粉末にもどった。

問 1 粉末 A および粉末 B はそれぞれ何か、それぞれについて物質の名称および化学式を書け。

問 2 粉末 A の 18 g を完全に燃焼させたとき発生する熱量は 591 kJ であった。また、気体 D の燃焼熱は、283 kJ/mol である。粉末 A の 18 g を用いたとき、下線部(a)で起こっている反応では熱は放出される(発熱反応)か、吸収される(吸熱反応)か、答えよ。また、その熱量を有効数字 2 桁で求めよ。計算の過程も示せ。

問 3 固体(粉末)を含む気体の平衡反応では、平衡定数は気体成分のモル濃度のみによって表すことができる。下線部(a)の反応が可逆反応であるとして、ある条件で平衡に達しているとき、その平衡定数を式で表せ。ただし、化学式 X の気体成分のモル濃度を [X] で表せ。また、一定体積の容器中で、その他の条件を変えずに二酸化炭素の分圧を高くした場合、反応がどのように変化するか、化学反応式を用いて説明せよ。

問 4 下線部(b)の変化を化学反応式を用いて説明せよ。

問 5 下線部(c)の水溶液について、次の(1)および(2)に答えよ。

(1) この水溶液に 2 本の白金電極を浸して電気分解を行った。陰極および陽極でどのようなことが起こるか、化学反応式を用いて説明せよ。

(2) この水溶液に 2 本の白金電極を浸して 1.0 A の電流で 9 分 39 秒間電気分解を行ったが、水溶液の色は反応終了後もほとんど変化しなかった。反応が理想的に進行したとき、それぞれの電極の質量変化を有効数字 2 桁で求めよ。計算の過程も示せ。

問 6 下線部(d)の変化を説明せよ。