

解答はすべて「解答用紙」の指定された箇所に記入せよ。

必要があれば，次の数値を用いよ。

原子量： **H=1.0, C=12, N=14, O=16, Na=23**

アボガドロ定数：  **$6.02 \times 10^{23} / \text{mol}$**

気体定数：  **$8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$  または  $8.2 \times 10^{-2} \text{ atm} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$**

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

セルシウス温度目盛りのゼロ点  **$0^\circ\text{C} : 273 \text{ K}$**

『余 白』

1

問1 次の(1)～(10)の問いについて、すべて記号で答えよ。

(20点)

(1) 単体が常温・常圧で液体である元素を一つ選べ。

(ア) He (イ) C (ウ) Hg (エ) Na (オ) Si

(2) 次の単体あるいは化合物のうち、含まれている分子の数が最も多いものはどれか。

(ア) 水素 1.5 g (イ) 水 6.0 g (ウ) 窒素 0.50 mol  
(エ) メタン 1.6 g (オ) アルゴン 5.6 L (標準状態)

(3) 中性または塩基性で硫化水素を通じると、白色沈殿を生じるイオンを一つ選べ。

(ア)  $Zn^{2+}$  (イ)  $Pb^{2+}$  (ウ)  $Ca^{2+}$  (エ)  $Ag^+$  (オ)  $K^+$

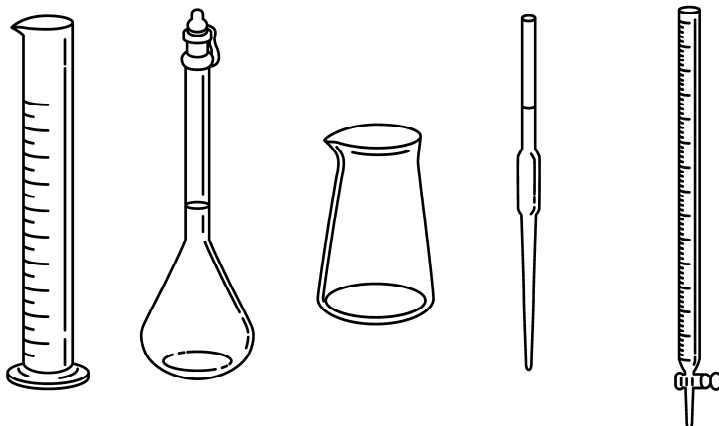
(4) イオン結晶をつくる化合物を二つ選べ。

(ア) NaI (イ)  $CH_3OH$  (ウ)  $BaCl_2$   
(エ)  $CO_2$

(5) 次の反応で発生する気体のうち、水上置換法で捕集するのが適切なものを二つ選べ。

(ア)  $CaC_2 + 2H_2O \rightarrow$   
(イ)  $2NH_4Cl + Ca(OH)_2 \rightarrow$   
(ウ)  $Cu + 4HNO_3 \rightarrow$   
(エ)  $Zn + 2HCl \rightarrow$

(6) 滴定において滴下した標準溶液の体積を量る器具は、次のうちどれか。最も適切なものを一つ選べ。



(ア)

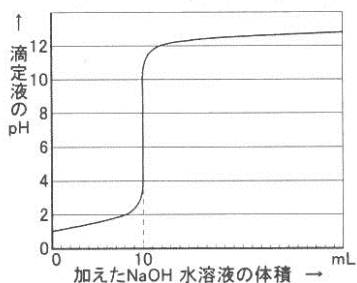
(イ)

(ウ)

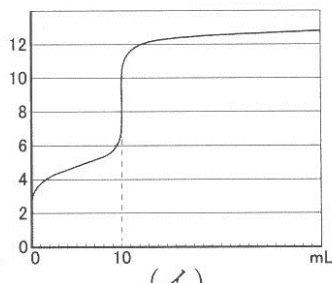
(エ)

(オ)

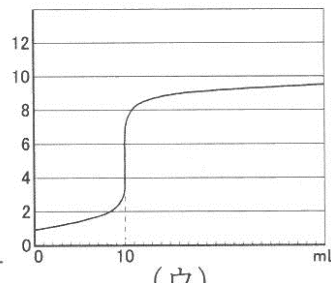
(7) 0.10 mol/L 塩酸 10 mL を 0.10 mol/L 水酸化ナトリウム (NaOH) 水溶液で滴定したときの滴定曲線は、次のうちどれか。ただし、横軸は加えた NaOH 水溶液の体積を、縦軸は滴定液の pH を示している。



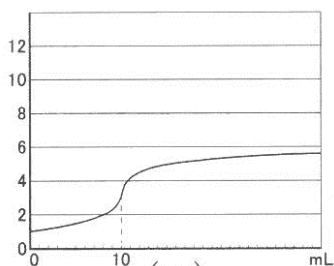
(ア)



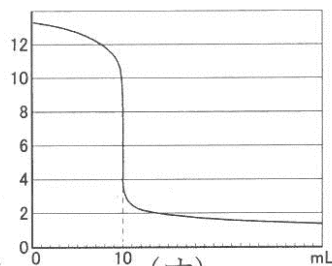
(イ)



(ウ)



(エ)

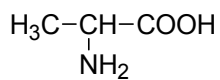


(オ)

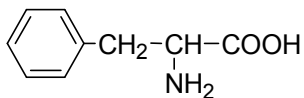
(8) 不斉炭素原子をもつ化合物を一つ選べ。

- (ア) グリシン      (イ) オレイン酸      (ウ) フマル酸  
(エ) 乳酸          (オ) 2-プロパノール

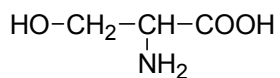
(9) キサントプロテイン反応を示すアミノ酸を二つ選べ。



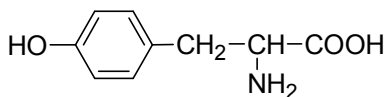
(ア)



(イ)



(ウ)



(エ)

(10) フェーリング反応を示す糖類を二つ選べ。

- (ア) スクロース      (イ) セルロース      (ウ) フルクトース  
(エ) マルトース

『余 白』

ハロゲンに関する次の記述を読んで、問い（問2～問9）に答えよ。

（36点）

フッ素 **F**、塩素 **Cl**、臭素 **Br**、およびヨウ素 **I** の元素は、いずれもハロゲン (i) と呼ばれる。これらのうち、[ ① ] はホタル石 (ii) などの成分として存在し、また **Cl** は海水や地殻から化合物として得ることができる。(iii)

ハロゲンの原子は、( ア ) 個の価電子をもち、( イ ) 価の陰イオンになりやすい。**Br** の原子の価電子は ( ウ ) 殻に配置されている。また、[ ② ] 原子の陰イオンの電子配置はネオンと、[ ③ ] 原子の陰イオンの電子配置はアルゴンと、それぞれ等しい。**F**、**Cl**、**Br**、**I** の原子のうち、共有結合をつくる際に原子が電子を引きつける能力 (iv) は、[ ④ ] が最も大きい。

**F**、**Cl**、**Br**、**I** の原子の陰イオンを含む水溶液に、少量の硝酸銀水溶液を加えると、ハロゲン化銀が生成する。これらは、[ ⑤ ] のハロゲン化銀を除いて水に溶けにくい。[ ⑥ ] のハロゲン化銀の沈殿は白色で、チオ硫酸ナトリウムや ( エ ) の水溶液に溶ける。

**F**、**Cl**、**Br**、**I** の元素の単体 (v) は酸化剤としてはたらくが、原子番号が大きいほど、酸化力は ( オ ) い。したがって、ヨウ化カリウムの水溶液に少量の臭素水を加えた (vi) のち、( カ ) 水溶液を加えると、青紫色になる。

**Cl** の元素の単体は水とゆっくり反応し、塩化水素と ( キ ) を生じる。( キ ) の陰イオンは強い酸化作用をもっているため、消毒液や漂白剤に用いられる。[ ⑦ ] の単体は水に溶けにくい、ヨウ化カリウムの水溶液にはよく溶けて、( ク ) 色の溶液になる。[ ⑧ ] の単体は水に少し溶けて赤褐色の溶液になる。[ ⑨ ] の単体は酸化力がきわめて強く、水と反応して ( ケ ) と ( コ ) を発生させる。( ケ ) の水溶液は、ガラスの主成分である ( サ ) と反応する。

**問2** [ ① ] ~ [ ⑨ ] に, **F, Cl, Br, I** のうち適切な元素記号を記入せよ。

**問3** ( ア ) ~ ( サ ) に適切な数値, 語句, または化学式を記入せよ。  
なお, ( ク ) には, 下の語句のうち適切なものを記入せよ。

[ 白, 赤, 黄, 緑, 橙, 褐, 淡黄 ]

**問4** 下線部 ( i ) のように総称される元素について, 周期表上の位置を示せ (解答用紙の周期表の該当する箇所のみをもれなく鉛筆で塗ること。なお, 周期表は第5周期までを示しており, 斜線で示した元素は第1周期1族の元素である)。

**問5** 下線部 ( ii ) の主成分である [ ① ] の化合物の化学式を記入せよ。

**問6** 下線部 ( iii ) の例として, 海水から得られる塩化物のうち, 最も多いものと, 2番目に多いものの化学式を記入せよ。

**問7** 下線部 ( iv ) の能力を意味する語句を記入せよ。

**問8** 下線部 ( v ) に関する次の記述 ( a ) ~ ( d ) のうち, 適切なものを二つ選び, その記号を記入せよ。

- ( a ) すべて二原子分子である。
- ( b ) すべて有毒である。
- ( c ) すべて常温, 常圧で気体または固体である。
- ( d ) 融点は, 原子量の大きいものほど低くなる。

**問9** 下線部 ( vi ) の操作で起こる反応を, 化学反応式で示せ。

**3**

次の記述を読んで、問い（問10～問13）に答えよ。 （22点）

水溶液中で、化合物 **X** と **Y** から **Z** が生成し、やがて平衡に達する反応 (1) がある。



ただし、水溶液の体積は変化せず、温度は一定であり、式 (1) の平衡定数は  $5.0 \text{ L/mol}$  であるとする。また、化合物 **X**, **Y**, **Z** の水溶液中でのモル濃度  $[\text{mol/L}]$  をそれぞれ  $[\text{X}]$ ,  $[\text{Y}]$ ,  $[\text{Z}]$  で表す。

**問10** **X** と **Y** の初濃度を変えて実験を行い、式 (1) の正反応(右向きの反応)における **Z** の生成初速度 (反応開始時の生成速度) を表にまとめた。反応速度を  $v_1$  とし、反応速度定数を  $k_1$  として、正反応の反応速度を表す式を示せ。

初濃度		<b>Z</b> の生成初速度 [mol/(L·s)]
<b>X</b> [mol/L]	<b>Y</b> [mol/L]	
0.1	0.1	$2.0 \times 10^{-5}$
0.2	0.1	$4.0 \times 10^{-5}$
0.3	0.1	$6.0 \times 10^{-5}$
0.1	0.2	$8.0 \times 10^{-5}$
0.1	0.3	$1.8 \times 10^{-4}$

**問11** 正反応の反応速度定数  $k_1$  の値を有効数字2桁で求めよ。

**問12** 式 (1) の逆反応 (左向きの反応) の反応速度  $v_2$  は  $[\text{Z}]$  の2乗に比例した。逆反応の反応速度定数  $k_2$  の値を有効数字2桁で求めよ。

**問13** 次の文章中の（ア）～（オ）に当てはまる適切な語句を記入せよ。なお、記入する語句は下のうちから適切なものを記入せよ。

[ 増加した, 変わらなかった, 減少した, 圧力, 体積, 溶解度, モル濃度, pH, 速度, 活性化エネルギー, 平衡定数 ]

この反応を行う際に、触媒がある場合とない場合の違いを検討した。その結果、反応開始時の条件（**X**の初濃度、**Y**の初濃度、温度）を同じにしたとき、触媒を加えると、触媒を加えない場合に比べて**Z**の生成初速度は（ア）。また式（1）の反応が平衡に達するのに要する時間は（イ）。平衡状態に達したときの生成物**Z**の濃度は、触媒を加えた場合、加えない場合と比較して（ウ）。これは触媒を加えることにより反応の（エ）は減少するが、（オ）は変化しないためである。

『余 白』



4

次の記述を読んで、問い（問14～問19）に答えよ。

必要ならば、 $\log 2.0 = 0.30$ 、 $\log 3.0 = 0.48$ 、 $\log 5.0 = 0.70$  の値を用いよ。

（36点）

ある1価のカルボン酸  $\text{R-COOH}$  の  $0.080 \text{ mol/L}$  水溶液がある。この水溶液を、「水溶液 X」と呼ぶことにする。水溶液 X 中で  $\text{R-COOH}$  は式(1)のように電離し、平衡が成立している。



その電離定数  $K_a$  は式(2)で表され、 $25^\circ\text{C}$  では  $2.0 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$  とする。

$$K_a = \frac{[\text{H}^+][\text{R-COO}^-]}{[\text{R-COOH}]} \quad (2)$$

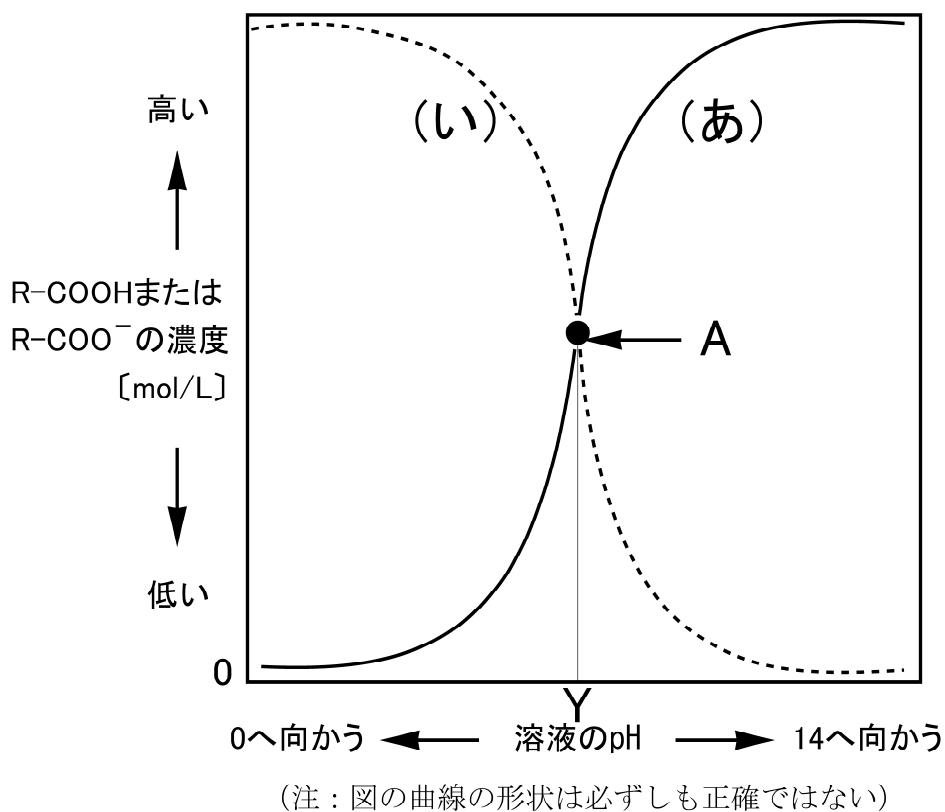
なお、 $[\text{H}^+]$ 、 $[\text{R-COO}^-]$ 、 $[\text{R-COOH}]$  は、それぞれ、水素イオン  $\text{H}^+$ 、カルボン酸の陰イオン  $\text{R-COO}^-$ 、電離していないカルボン酸  $\text{R-COOH}$  のモル濃度  $[\text{mol/L}]$  である。

水溶液 X に塩酸を加えると、 $\text{HCl}$  の電離により（ア）が生成するために、式(1)の平衡は（イ）向きに移動して  $\text{R-COOH}$  の濃度が（ウ）くなる。その一方、水酸化ナトリウムを加えると、 $\text{NaOH}$  の電離により（エ）が生成するために、中和反応により（ア）の濃度が低下し、その結果、式(1)の平衡は（オ）向きに移動して  $\text{R-COOH}$  の濃度が（カ）くなる。

加えた  $\text{HCl}$  または  $\text{NaOH}$  の量に応じて、溶液の  $\text{pH}$  は幅広い範囲で変化するが、水溶液中の  $[\text{R-COOH}]$  と  $[\text{R-COO}^-]$  も  $\text{pH}$  の変化に伴って連続的に変化する。ただし、どの  $\text{pH}$  においても、 $[\text{R-COOH}]$  と  $[\text{R-COO}^-]$  の合計は（キ） $\text{mol/L}$  である（加えた  $\text{HCl}$  や  $\text{NaOH}$  による水溶液の体積変化は無視できるものとする）。

いま、横軸に溶液の  $\text{pH}$  を、縦軸に  $[\text{R-COOH}]$  または  $[\text{R-COO}^-]$  をとると、図のような曲線（あ）、（い）が得られる。実線（あ）は縦軸に [①]

をとったときの曲線、破線 (い) は縦軸に [ ② ] をとったときの曲線である。溶液の pH が 2 つの曲線の交点 A 付近の値であるとき、その溶液に少量の酸や塩基を加えても、pH はわずかしか変化しない。このような性質をもつ溶液は、( ク ) と呼ばれる。



問 14 ( ア ) ~ ( ク ) に適切な数値、語句、または化学式を記入せよ。

問 15 [ ① ], [ ② ] に, [R-COOH] または [R-COO<sup>-</sup>] を記入せよ。

『余 白』

問16 水溶液XのpHはいくらか。25℃における値を、有効数字2桁で求めよ。

問17 図の曲線(あ)と曲線(い)の交点AのpH(図の横軸上の点Yの値)はいくらか。25℃における値を、有効数字2桁で求めよ。

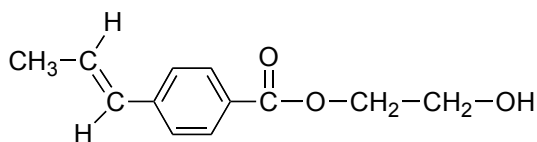
問18 1.0 Lの水溶液Xに、NaOHをどれだけ溶かすと交点AのpHとなるか。添加すべきNaOHの質量[g]を有効数字2桁で求めよ。

問19 溶液のpHが5.0のとき、 $[\text{R-COOH}]$ と $[\text{R-COO}^-]$ の比( $[\text{R-COOH}]:[\text{R-COO}^-]$ )はいくらか。

『余 白』

5

次の記述を読んで、問い（問20～問26）に答えよ。ただし、構造式を書く場合は、例にならって書け。（31点）



構造式の例

- (1) 炭素、水素、および酸素からなる芳香族化合物 **A** および **B** の分子式は、どちらも  $C_8H_8O_2$  である。
- (2) 化合物 **A** を水酸化ナトリウム水溶液と加熱したのち、希塩酸で酸性にすると、化合物 **C** と **D** が生成した。同様に、化合物 **B** を水酸化ナトリウム水溶液と加熱したのち、希塩酸で酸性にすると、化合物 **E** と **F** が生成した。
- (3) 化合物 **C**, **E**, および **F** は、弱酸性化合物である。また、化合物 **C** と **E** は、同数の炭素原子からなる化合物であり、その構造中にベンゼン環を含む。
- (4) 化合物 **D** を酸化すると、まず化合物 **G** が生成し、これをさらに酸化すると化合物 **F** が生成した。
- (5) 化合物 **G** の 37% 水溶液 (i) は、消毒剤や防腐剤などに用いられる。

問20 化合物 **A** を完全燃焼させたときに起こる反応を、化学反応式で示せ。

問21 34 mg の化合物 **A** を完全燃焼させたとき、二酸化炭素と水はそれぞれ何 mg 生成するか。整数で答えよ。

問22 下線部 (i) の名称を書け。

問23 化合物 **E** として可能な異性体の構造式をすべて書け。

**問24** 化合物 **A** および **E** の名称を書け。ただし、化合物 **E** の異性体は区別しなくてよい。

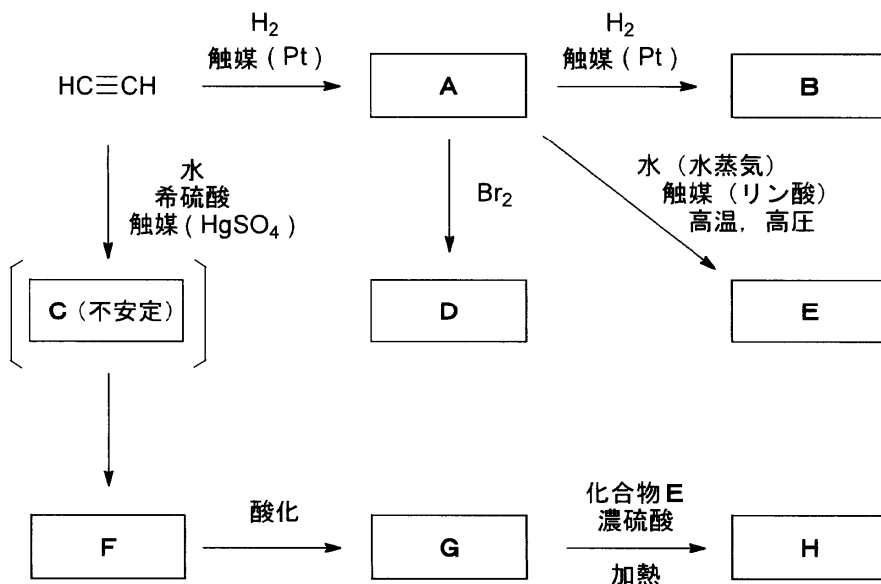
**問25** 化合物 **A** ～ **G** の中で、**A** と **B** のみに存在する結合の名称を書け。

**問26** 化合物 **A** ～ **G** の中で、**(a)** 銀鏡反応を起こすもの、**(b)** 炭酸水素ナトリウム水溶液を加えると二酸化炭素を発生するものの記号をすべて書け。

『余 白』

6

アセチレンを出発物質として下図に示す反応経路により、化合物(A ~ H) が生成する。問い (問27~問30) に答えよ。 (23点)



問27 化合物 A, E, および F の名称を書け。

問28 化合物 C, D, および H の構造式を書け。ただし, C は不安定であり, 構造異性体である F に変化する化合物である。

問29 化合物 A ~ H (ただし不安定な化合物である C を除く) のうち, ヨードホルム反応を示すものをすべて記号で答えよ。

問30 1.0 mol の化合物 E と 1.0 mol の化合物 G を反応させて化合物 H を合成した。この反応で化合物 G の 80% が化合物 H に変化した。得られた化合物 H は何 g か。有効数字 2 桁で答えよ。

セッケンに関する次の記述を読んで、問い(問3 1～問3 5)に答えよ。

(3 2点)

油脂 **A** に水酸化ナトリウムを加えて加熱すると、高級脂肪酸のナトリウム塩(セッケン) **B** と 1,2,3-プロパントリオール(グリセリン) **C** が生じる (i)。

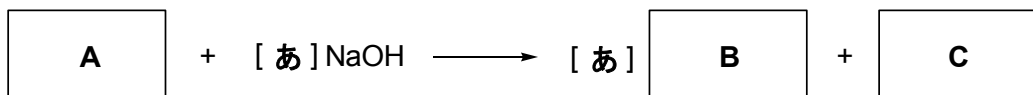
セッケンの水溶液は弱塩基性を示すが、これはセッケンが (ア) 酸と (イ) 塩基からなる塩で、この塩が (ウ) されるからである (ii)。セッケンは、疎水基と親水基をあわせもつ。このため、一定濃度以上のセッケン水中において、セッケンは (エ) 基を内側に向けて球状に集合する。これを、(オ) という。油脂は水に溶けにくいですが、セッケン水に油脂を加えると、油脂がセッケンの (オ) に包まれ、細かい粒子となって水中へ分散する。セッケンのこの作用を、(カ) 作用という。

$\text{Ca}^{2+}$  や  $\text{Mg}^{2+}$  などを多く含む水 (iii) の中では、これらのイオンが、セッケンの (キ) と置き換わった不溶性の脂肪酸塩をつくるため、セッケンは使用できなくなる。

長い炭化水素基をもつアルキル硫酸ナトリウム **D** やアルキルベンゼンスルホン酸ナトリウム **E** (iv) は、セッケンと似た作用があり、合成洗剤と呼ばれる。これらの合成洗剤は、いずれも (ク) 酸と (ケ) 塩基からなる塩なので、(ウ) は受けず、その水溶液は (コ) 性を示す。これらは、 $\text{Ca}^{2+}$  や  $\text{Mg}^{2+}$  などを多く含む水の中でも沈殿をつくらないので、洗剤として使用できる。

問3 1 (ア) ～ (コ) の中に最も適切な語句を入れよ。

問3 2 油脂が1種類の高級脂肪酸  $\text{R-COOH}$  (**R** は炭化水素基) からなるとき、下線部 (i) の **A**, **B**, **C** として適切な示性式を記入し、次の化学反応式を完成させよ。また、[あ] には適切な数字を書け。



問33 下線 (ii) の反応式を書け。ただし、セッケンの構造式は、問32で B として記入したものをを用いよ。

問34 下線 (iii) の水の名称を書け。

問35 下記の反応式は下線 (iv) で示される合成洗剤の合成法である。ただし、炭化水素基は  $C_{12}H_{25}-$  である。D と E の適切な構造式を書け。



『以上』