

# 化 学

試験時間；13:00～14:00（60分）

配 点；150点

## 【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. 配付物；(1)「問題冊子」1～22ページ  
(2)「解答用紙（マーク式）」1枚
3. 「問題冊子」中、表紙裏と5ページ、9ページは下書き用紙です。計算用紙として使いなさい。  
問題冊子の余白等は適宜利用してよいが、どのページも切り離してはいけません。
4. 問題文は、1～4ページ、6～8ページ、10～22ページに印刷してあります。
5. 試験開始と同時に配付物を確認し、脱落している場合は申し出なさい。  
また、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（マーク式）」の汚れ等に気付いた場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。
6. 「解答用紙（マーク式）」の記入方法について
  - (1) 記入は必ず**H, F, HBの黒鉛筆**を使用すること。
  - (2) 氏名欄には各自の氏名を楷書で記入すること。
  - (3) 受験番号記入欄には各自の5ケタの受験番号（90001, 90002, 90003, …）を記入し、続いて5ケタの受験番号（90001, 90002, 90003, …）をマークしなさい。
  - (4) 解答は指定された解答欄にマークしなさい。
  - (5) 欄外の「記入上の注意事項」をよく守って解答しなさい。
7. 試験終了の合図と同時に、裏返しの状態で下から「問題冊子」、  
「解答用紙（マーク式）」1枚の順に並べなさい。
8. 試験終了後、「問題冊子」は持ち帰りなさい。

2022（一般選抜後期）

# 下書き用紙

問1～問25の解答を、指定された解答欄にマークせよ。

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, S=32,  
Cl=35.5, K=39, Ca=40, Pb=207

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

気体定数： $8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L} / (\text{K}\cdot\text{mol})$

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  $0\text{ }^\circ\text{C} : 273 \text{ K}$

標準状態での理想気体のモル体積： $22.4 \text{ L} / \text{mol}$

『余 白』

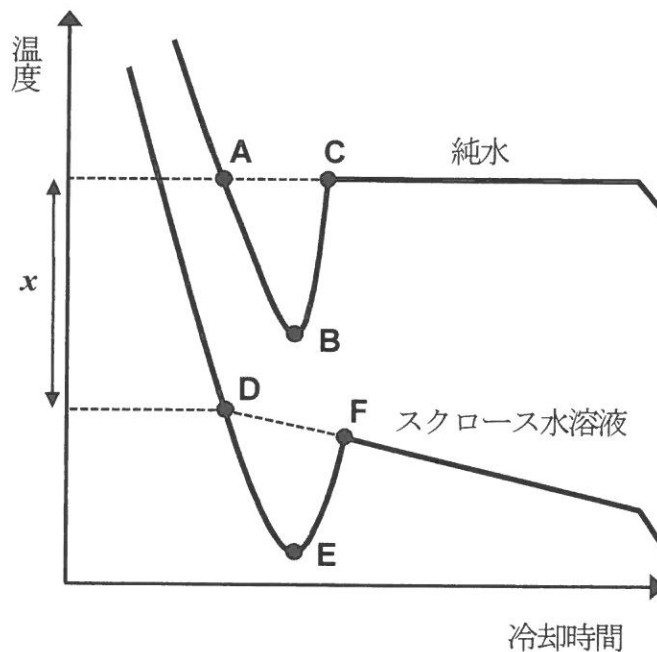
1

次の記述を読んで、問い(問1~問3)に答えよ。

(18点)

一般に希薄溶液は、純粋な溶媒と異なる性質を示す。例えば、純水は $0^{\circ}\text{C}$ で凝固するが、海水はおよそ $-1.8^{\circ}\text{C}$ 以下にならないと凝固し始めない。このように、溶液を冷却するとき、溶液中の溶媒が凝固し始める温度(溶媒の凝固点)は、純溶媒の凝固点より低くなる。この現象を凝固点降下という。⑩ 不揮発性溶質を溶解した希薄溶液の凝固点降下度は、溶質の種類には無関係で、溶質粒子の質量モル濃度に比例する。

下図は、⑭ 純水(純溶媒) およびスクロース水溶液を冷却したときの温度と冷却時間との関係(冷却曲線)を示している。



『余 白』

問1 下線部 (i) について、分子量  $M$  の非電解質  $w$  [g] を溶媒  $S$  [g] に溶解させた。凝固点降下度 [K] を示す式はどれか。ただし、溶媒のモル凝固点降下を  $K_f$  [K·kg/mol] とする。

マーク式解答欄 1

- (1)  $\frac{MS}{1000K_f w}$     (2)  $\frac{Mw}{1000K_f S}$     (3)  $\frac{MS}{K_f w}$     (4)  $\frac{Mw}{K_f S}$
- (5)  $\frac{K_f w}{MS}$     (6)  $\frac{K_f S}{Mw}$     (7)  $\frac{1000K_f w}{MS}$     (8)  $\frac{1000K_f S}{Mw}$

問2 下線部 (ii) に関して、図の冷却曲線に関する記述のうち、正しいもののみをすべて含む組み合わせはどれか。

マーク式解答欄 2

- (a)  $x$  は、凝固点降下度である。  
 (b) A～B および D～E は、過冷却の状態である。  
 (c) E において、スクロース水溶液中の水（溶媒）の凝固が始まる。  
 (d) F において、スクロース水溶液中の水（溶媒）がすべて凝固する。

- (1) [(a), (b)]    (2) [(a), (c)]    (3) [(a), (d)]  
 (4) [(b), (c)]    (5) [(b), (d)]    (6) [(c), (d)]  
 (7) [(a), (b), (c)]    (8) [(a), (b), (d)]    (9) [(a), (c), (d)]  
 (10) [(b), (c), (d)]

『余 白』

**問3** 水 100g に塩化カルシウムを 1.11g 溶かしたときの凝固点降下度 [K] はいくらか。最も近い値を選べ。ただし、水のモル凝固点降下を  $1.85 \text{ K} \cdot \text{kg/mol}$ 、塩化カルシウムの水溶液中の電離度を 0.850 とする。また、この溶液では凝固点降下度は溶質粒子の質量モル濃度に比例するものとする。

マーク式解答欄 3

- |           |           |           |           |
|-----------|-----------|-----------|-----------|
| (1) 0.342 | (2) 0.400 | (3) 0.500 | (4) 0.555 |
| (5) 0.666 | (6) 0.850 | (7) 1.00  | (8) 1.10  |

『余 白』

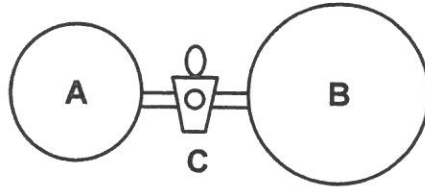
# 下書き用紙

2

次の記述を読んで、問い（問4～問7）に答えよ。

(25点)

温度によって容積が変化しない2つの耐圧容器AとBが、下図のようにコックCを備えた細いパイプで連結されている。容器AとBの内容積は、それぞれ3.0 L, 5.3 Lである。容器AとBの内部をともに真空にした後、以下の1～3の操作を行った。



なお、すべての気体は理想気体とみなすことができ、連結部の内容積は無視できるものとする。また、 $27^{\circ}\text{C}$ での飽和水蒸気圧を $3.6 \times 10^3 \text{ Pa}$ とし、液体の体積および液体に対する気体の溶解は無視できるものとする。

操作1： $27^{\circ}\text{C}$ でコックCを閉じた状態で、容器Aに酸素を0.60 mol、容器Bにある量のメタンを入れた。

操作2：容器A, Bを $27^{\circ}\text{C}$ に保ちながらコックCを開き、十分に時間を経過させて操作1で入れた容器AとBの酸素とメタンを混合させたところ、 $27^{\circ}\text{C}$ における容器内の圧力は $2.4 \times 10^5 \text{ Pa}$ であった。

操作3：容器の温度を $27^{\circ}\text{C}$ に保ちコックCを開けたまま、電気火花により容器内のメタンを完全に燃焼させた。反応の終了後、容器の温度を $27^{\circ}\text{C}$ にすると容器内に液体の水が生じた。

『余 白』



問4 操作1の後の容器A内の圧力 [Pa] はいくらか。最も近い値を選べ。

マーク式解答欄 4

- (1)  $9.0 \times 10^3$       (2)  $2.0 \times 10^4$       (3)  $4.5 \times 10^4$       (4)  $9.0 \times 10^4$   
(5)  $1.8 \times 10^5$       (6)  $3.0 \times 10^5$       (7)  $5.0 \times 10^5$       (8)  $9.0 \times 10^5$

問5 操作1で容器Bに入れたメタンの質量 [g] はいくらか。最も近い値を選べ。

マーク式解答欄 5

- (1) 0.10      (2) 0.20      (3) 0.40      (4) 0.80  
(5) 1.2      (6) 1.6      (7) 3.2      (8) 6.4

『余 白』

問6 操作3の後に容器内に残存する酸素の物質質量〔mol〕および生じた水（気体と液体の総量）の物質質量〔mol〕として、正しい組み合わせはどれか。

マーク式解答欄 6

	酸素の物質質量〔mol〕	水の物質質量〔mol〕
(1)	0.20	0.20
(2)	0.20	0.30
(3)	0.20	0.40
(4)	0.30	0.20
(5)	0.30	0.30
(6)	0.30	0.40
(7)	0.40	0.20
(8)	0.40	0.30
(9)	0.40	0.40

問7 操作3の後に生じた液体の水の質量〔g〕はいくらか。最も近い値を選べ。

マーク式解答欄 7

- |         |         |         |         |
|---------|---------|---------|---------|
| (1) 2.7 | (2) 3.0 | (3) 3.5 | (4) 3.6 |
| (5) 5.4 | (6) 6.0 | (7) 7.0 | (8) 7.2 |

『余 白』

# 下書き用紙

3

アンモニアに関する次の記述を読んで、問い（問8～問12）に答えよ。  
ただし、すべての気体は理想気体とみなすことができるものとする。  
(29点)

- I. アンモニアを工業的に大量に生産するには、空気中の窒素を利用し、水素と直接反応させる方法を用いる。この反応は、次の (a) 式で表される平衡反応である。



この反応の濃度による平衡定数  $K_c$  と圧平衡定数  $K_p$  は、次式で表される。

$$K_c = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{N}_2][\text{H}_2]^3} \quad K_p = \frac{p_{\text{NH}_3}^2}{p_{\text{N}_2} \cdot p_{\text{H}_2}^3}$$

ここで、 $p_{\text{H}_2}$ 、 $p_{\text{N}_2}$ 、 $p_{\text{NH}_3}$  はそれぞれ  $\text{H}_2$ 、 $\text{N}_2$ 、 $\text{NH}_3$  の分圧を表している。

アンモニアの生成反応 ((a) 式の正反応) は発熱反応である。[ア]によれば、平衡状態でのアンモニアの生成率を大きくするためには、温度は[イ]ほど、圧力は[ウ]ほどよいが、実際には、 $500^\circ\text{C}$ 、 $2 \times 10^7 \text{ Pa}$  付近の条件でアンモニアの合成は行われている。

- II. アンモニア水は様々な金属イオンを沈殿させる。 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Zn}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{2+}$ をそれぞれ含む3つの水溶液に少量のアンモニア水を加えたところ、[エ]を含む水溶液を除く2つの水溶液で沈殿を生じた。これら2つの水溶液にさらにアンモニア水を過剰に加えたところ、[オ]を含む水溶液では沈殿が消えた。

『余 白』

問8 [ア], [イ], [ウ]に入る語句として, 正しい組み合わせはどれか。

マーク式解答欄 8

	[ア]	[イ]	[ウ]
(1)	ヘンリーの法則	低い	高い
(2)	ヘンリーの法則	低い	低い
(3)	ヘンリーの法則	高い	高い
(4)	ヘンリーの法則	高い	低い
(5)	ルシヤトリエの原理	低い	高い
(6)	ルシヤトリエの原理	低い	低い
(7)	ルシヤトリエの原理	高い	高い
(8)	ルシヤトリエの原理	高い	低い

『余 白』

問9 窒素 1.0 mol と水素 3.0 mol を 1.0 L の密閉容器に入れ、527°C にしたところ、  
(a) 式にしたがって平衡に達し、0.40 mol のアンモニアが生成した。平衡定数  $K_c$  [(L/mol)<sup>2</sup>] はいくらか。最も近い値を選べ。

マーク式解答欄 9

- (1)  $2.3 \times 10^{-3}$     (2)  $1.4 \times 10^{-2}$     (3)  $2.3 \times 10^{-2}$     (4)  $1.4 \times 10^{-1}$   
(5)  $2.0 \times 10^{-1}$     (6)  $1.4 \times 10$     (7)  $2.0 \times 10$     (8)  $2.3 \times 10^2$

問10 問9において  $K_p/K_c$  [mol<sup>2</sup>/(Pa·L)<sup>2</sup>] はいくらか。最も近い値を選べ。

マーク式解答欄 10

- (1)  $1.4 \times 10^{-17}$     (2)  $2.3 \times 10^{-14}$     (3)  $1.5 \times 10^{-7}$     (4)  $1.4 \times 10^{-3}$   
(5) 1.0    (6)  $3.3 \times 10^4$     (7)  $6.6 \times 10^6$     (8)  $4.4 \times 10^{13}$

『余 白』

問11 [エ], [オ]に入る語句として, 正しい組み合わせはどれか。

マーク式解答欄 11

	[エ]	[オ]
(1)	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Zn}^{2+}$
(2)	$\text{Ca}^{2+}$	$\text{Fe}^{2+}$
(3)	$\text{Zn}^{2+}$	$\text{Ca}^{2+}$
(4)	$\text{Zn}^{2+}$	$\text{Fe}^{2+}$
(5)	$\text{Fe}^{2+}$	$\text{Ca}^{2+}$
(6)	$\text{Fe}^{2+}$	$\text{Zn}^{2+}$

問12 0.25 mol のアンモニアを水に完全に溶かして, 50 L のアンモニア水を調製した。この水溶液の pH はいくらか。最も近い値を選べ。ただし, アンモニアの電離度を 0.020, 水のイオン積を  $1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$  とする。

マーク式解答欄 12

- |         |         |         |        |
|---------|---------|---------|--------|
| (1) 8.5 | (2) 9.0 | (3) 9.5 | (4) 10 |
| (5) 11  | (6) 12  | (7) 13  | (8) 14 |

『余 白』

4

次の問い（問13～問15）に答えよ。

(17点)

**問13** 金属結晶の面心立方格子の性質に関する次の記述のうち、正しいもののみをすべて含む組み合わせはどれか。

マーク式解答欄 13

- (a) 単位格子中の原子の数は2個である。  
 (b) 1個の原子に隣接する他の原子の数（配位数）は12である。  
 (c) 体心立方格子と比較して、単位格子中の原子の占める体積の割合（充填率）が高い。  
 (d) 原子半径を $r$ とすると、単位格子の一辺の長さは $2\sqrt{2}r$ と表せる。

- (1) [(a), (b)]            (2) [(a), (c)]            (3) [(a), (d)]  
 (4) [(b), (c)]            (5) [(b), (d)]            (6) [(c), (d)]  
 (7) [(a), (b), (c)]        (8) [(a), (b), (d)]        (9) [(a), (c), (d)]  
 (10) [(b), (c), (d)]

**問14** 鉛蓄電池の性質に関する次の記述のうち、正しいもののみをすべて含む組み合わせはどれか。

マーク式解答欄 14

- (a) 充電によって繰り返し使えることから、一次電池に分類される。  
 (b) 充電時には、正極で酸化反応が起こる。  
 (c) 放電時には、正極で水素が発生する。  
 (d) 放電時には、両極の表面に硫酸鉛(II)が付着する。

- (1) [(a)]                    (2) [(b)]                    (3) [(c)]  
 (4) [(d)]                    (5) [(a), (b)]                (6) [(a), (c)]  
 (7) [(a), (d)]                (8) [(b), (c)]                (9) [(b), (d)]  
 (10) [(c), (d)]



**問15** 鉛蓄電池を  $4.0\text{ A}$  で  $1.0$  時間放電した。このとき増加した正極の質量  $[\text{g}]$  はいくらか。最も近い値を選べ。ただし、放電に関する反応以外は起こらず、化学エネルギーはすべて電気エネルギーに変換されたものとする。

マーク式解答欄 15

- |         |         |         |         |
|---------|---------|---------|---------|
| (1) 1.2 | (2) 1.8 | (3) 2.4 | (4) 3.0 |
| (5) 3.6 | (6) 4.2 | (7) 4.8 | (8) 5.2 |

『余 白』

5

次の記述を読んで、問い(問16~問21)に答えよ。

(35点)

- I. ニトロベンゼン **0.52 mL** を試験管に入れ、濃塩酸 **3.0 mL** を加えたところ、ニトロベンゼンの油滴が生じた。① この試験管に、粒状のスズ **3.0 g** を加えてよく振り混ぜながら **70 °C** の水浴で **20** 分間加熱したところ、油滴が完全に消失した。未反応のスズを取り除き、冷却した後、**6.0 mol/L** 水酸化ナトリウム水溶液を少しずつ加えて反応溶液を塩基性になると、淡黄色の油状物質が生成し、乳濁液となった。この乳濁液をすべて分液ろうとに流し入れ、ジエチルエーテルを加えよく振り混ぜて静置すると、二層に分離した。上層を取り出し、ジエチルエーテルを蒸発させ、適切な方法で精製すると純粋な化合物 **A** が **0.28 g** 得られた。
- II. 化合物 **A** を試験管に入れ、希塩酸を加えた後、氷水につけて冷却しながら亜硝酸ナトリウム水溶液を加えると、化合物 **B** が生成した。化合物 **B** の水溶液を **25 °C** で静置したところ、気体 **X** の発生とともに、化合物 **C** が生成した。
- III. 化合物 **C** に水酸化ナトリウム水溶液を加えて溶かした溶液に、**0 °C** に冷却した化合物 **B** の水溶液を加えると、橙赤色の化合物 **D** が生成した。

『余 白』

問16 下線部 (i) の操作に関する次の記述のうち、正しいもののみをすべて含む組み合わせはどれか。

マーク式解答欄 16

- (a) この操作において、ニトロベンゼンが酸化される。
- (b) この操作において、ニトロベンゼンが加水分解される。
- (c) スズの代わりに鉄を用いることができる。
- (d) 反応で生じる化合物は、塩酸塩となるため水によく溶ける。

- |                      |                     |                     |
|----------------------|---------------------|---------------------|
| (1) [(a), (b)]       | (2) [(a), (c)]      | (3) [(a), (d)]      |
| (4) [(b), (c)]       | (5) [(b), (d)]      | (6) [(c), (d)]      |
| (7) [(a), (b), (c)]  | (8) [(a), (b), (d)] | (9) [(a), (c), (d)] |
| (10) [(b), (c), (d)] |                     |                     |

問17 化合物 A に関する次の記述のうち、正しいもののみをすべて含む組み合わせはどれか。

マーク式解答欄 17

- (a) 塩化鉄(III)水溶液を加えると、赤紫色に呈色する。
- (b) さらし粉水溶液を加えると、赤紫色に呈色する。
- (c) 硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液を加えて酸化すると、黒色物質が生じる。
- (d) 無水酢酸と反応させると、エステルが生成する。

- |                      |                     |                     |
|----------------------|---------------------|---------------------|
| (1) [(a), (b)]       | (2) [(a), (c)]      | (3) [(a), (d)]      |
| (4) [(b), (c)]       | (5) [(b), (d)]      | (6) [(c), (d)]      |
| (7) [(a), (b), (c)]  | (8) [(a), (b), (d)] | (9) [(a), (c), (d)] |
| (10) [(b), (c), (d)] |                     |                     |

問18 化合物Cの合成法に関する次の記述のうち、正しいもののみをすべて含む組み合わせはどれか。

マーク式解答欄 18

- (a) ベンゼンスルホン酸ナトリウムをアルカリ融解した後、酸性にする。
- (b) ベンゼンに鉄粉を触媒として用いて塩素と反応させる。
- (c) クロロベンゼンと水酸化ナトリウム水溶液を高温・高圧下で反応させた後、酸性にする。
- (d) ベンジルアルコールを硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液で酸化する。

- (1) [(a), (b)]            (2) [(a), (c)]            (3) [(a), (d)]
- (4) [(b), (c)]            (5) [(b), (d)]            (6) [(c), (d)]
- (7) [(a), (b), (c)]      (8) [(a), (b), (d)]      (9) [(a), (c), (d)]
- (10) [(b), (c), (d)]

問19 記述Iの実験で得られた化合物Aの収率 [%] はいくらか。最も近い値を選べ。ただし、化合物Aの収率は次の式で求められるものとし、理論上得られる化合物Aの物質質量とは、原料であるニトロベンゼンが反応式に従い完全に反応した場合に生成しうる化合物Aの最大の物質質量であるものとする。また、ニトロベンゼンの密度を  $1.2 \text{ g/cm}^3$  とする。

$$\text{収率} [\%] = \frac{\text{実際に得られた化合物Aの物質質量}}{\text{理論上得られる化合物Aの物質質量}} \times 100$$

マーク式解答欄 19

- (1) 30            (2) 35            (3) 40            (4) 45
- (5) 50            (6) 55            (7) 60            (8) 65

問20 気体Xとして正しいものはどれか。

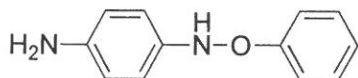
マーク式解答欄 20

- (1) 水素                      (2) 窒素                      (3) 酸素  
(4) 塩素                      (5) 二酸化炭素              (6) 二酸化窒素

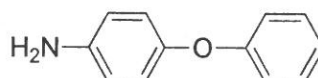
問21 化合物Dの構造式として正しいものはどれか。

マーク式解答欄 21

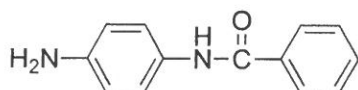
(1)



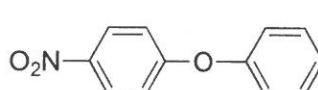
(2)



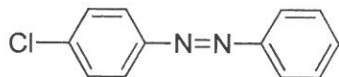
(3)



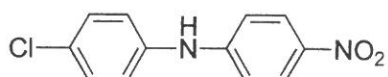
(4)



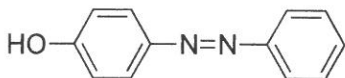
(5)



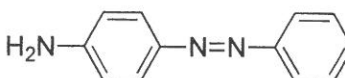
(6)



(7)



(8)



『余 白』

6

次の問い（問22～問25）に答えよ。ただし、油脂は、1分子のグリセリン（1,2,3-プロパントリオール）と、3分子の脂肪酸から構成されたものとする。（26点）

問22 炭化水素基 R に二重結合をもつ脂肪酸 RCOOH 19.0 mg を完全燃焼させたところ、55.0 mg の二酸化炭素と 18.0 mg の水が得られた。この脂肪酸の炭素数と炭素原子間の二重結合（C=C）の数として、正しい組み合わせはどれか。

マーク式解答欄 22

	炭素数	C=C の数
(1)	19	1
(2)	19	2
(3)	19	3
(4)	19	4
(5)	20	1
(6)	20	2
(7)	20	3
(8)	20	4

『余 白』

**問23** 油脂 **X** は、1 種類の脂肪酸とグリセリンから構成されている。油脂 **X** を 4.39 g とり、1.00 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液 45.0 mL で完全にけん化した。過剰の水酸化ナトリウムを 1.00 mol/L の硫酸で中和したところ、15.0 mL を要した。油脂 **X** の分子量はいくらか。最も近い値を選べ。

マーク式解答欄 23

- |         |         |         |         |
|---------|---------|---------|---------|
| (1) 600 | (2) 630 | (3) 690 | (4) 720 |
| (5) 740 | (6) 810 | (7) 880 | (8) 950 |

『余 白』

**問24** 複数の油脂からなる混合物を加水分解すると、脂肪酸としてパルミチン酸  $C_{15}H_{31}COOH$  とステアリン酸  $C_{17}H_{35}COOH$  のみが得られた。この混合物に含まれる油脂は最大で何種類か。ただし、鏡像異性体が存在する場合は、互いに異なる化合物として数える。

マーク式解答欄 24

- |       |       |        |        |
|-------|-------|--------|--------|
| (1) 2 | (2) 3 | (3) 4  | (4) 5  |
| (5) 6 | (6) 8 | (7) 10 | (8) 12 |

**問25** セッケンに関する次の記述のうち、正しいもののみをすべて含む組み合わせはどれか。

マーク式解答欄 25

- (a) 油脂に水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱すると、セッケンが得られる。
- (b) セッケンを水に溶かすと、水溶液中で一部加水分解し、弱酸性を示す。
- (c) セッケンを水に溶かすと、水の表面張力を大きくする。
- (d) セッケンを一定濃度以上になるように水に溶かすと、コロイド粒子をつくる。

- |                      |                     |                     |
|----------------------|---------------------|---------------------|
| (1) [(a), (b)]       | (2) [(a), (c)]      | (3) [(a), (d)]      |
| (4) [(b), (c)]       | (5) [(b), (d)]      | (6) [(c), (d)]      |
| (7) [(a), (b), (c)]  | (8) [(a), (b), (d)] | (9) [(a), (c), (d)] |
| (10) [(b), (c), (d)] |                     |                     |

『以上』