



# 2021 年度 杏林大学

## 【 講 評 】

大問構成は3題で、昨年よりも1題減った。第1問は小問集合で、1つ1つはそれほど難しくないが、形式が「すべて選べ」なので、無機化学・有機化学分野の教科書の内容の正確な理解が求められるものだった。第2問は製鉄についての知識問題、水酸化ナトリウムの溶解熱の測定、固体の入った反応の平衡定数を求める問題と、いずれも平易な内容であった。第3問は油脂のセッケンについての知識問題で、こちらも特に計算問題もなく、平易な問題である。難易度は昨年度よりもさらに易化しており、正答率9割は死守したい。

## 【 解 答 】

### I

- 問1 ア ①  
 問2 イ ②      ウ ⑧      エ ⑤      オ ⑤  
       カ ③      キ ②      ク ⑧      ケ ①  
 問3 コ ②, ④  
 問4 サ ④, ⑧  
 問5 シ ⑤  
 問6 ス ①, ②    セ ①, ②    ソ ①, ②, ④, ⑥  
 問7 タ ②, ③  
 問8 チ ①, ④, ⑥  
 問9 ツ ②, ④, ⑤  
 問10 テ ③, ⑤  
 問11 ト ①, ②, ⑥

### II

- 問1  
 (1) ア ④      ウ ②  
 (2) イ ④  
 (3) エ ⑥  
 (4) オ ⑦      カ ②  
 (5) キ ①  
 (6) ク ⑦      ケ ⑦

問2

(1) コ ④

(2) サ ②      シ ②      ス ⑤

(3) セ ④      ソ ⑤      タ ①

問3 チ ①      ツ ⑥      テ ①

### Ⅲ

問1 ア ③

問2 イ ④

問3 ウ ④

問4 エ ③

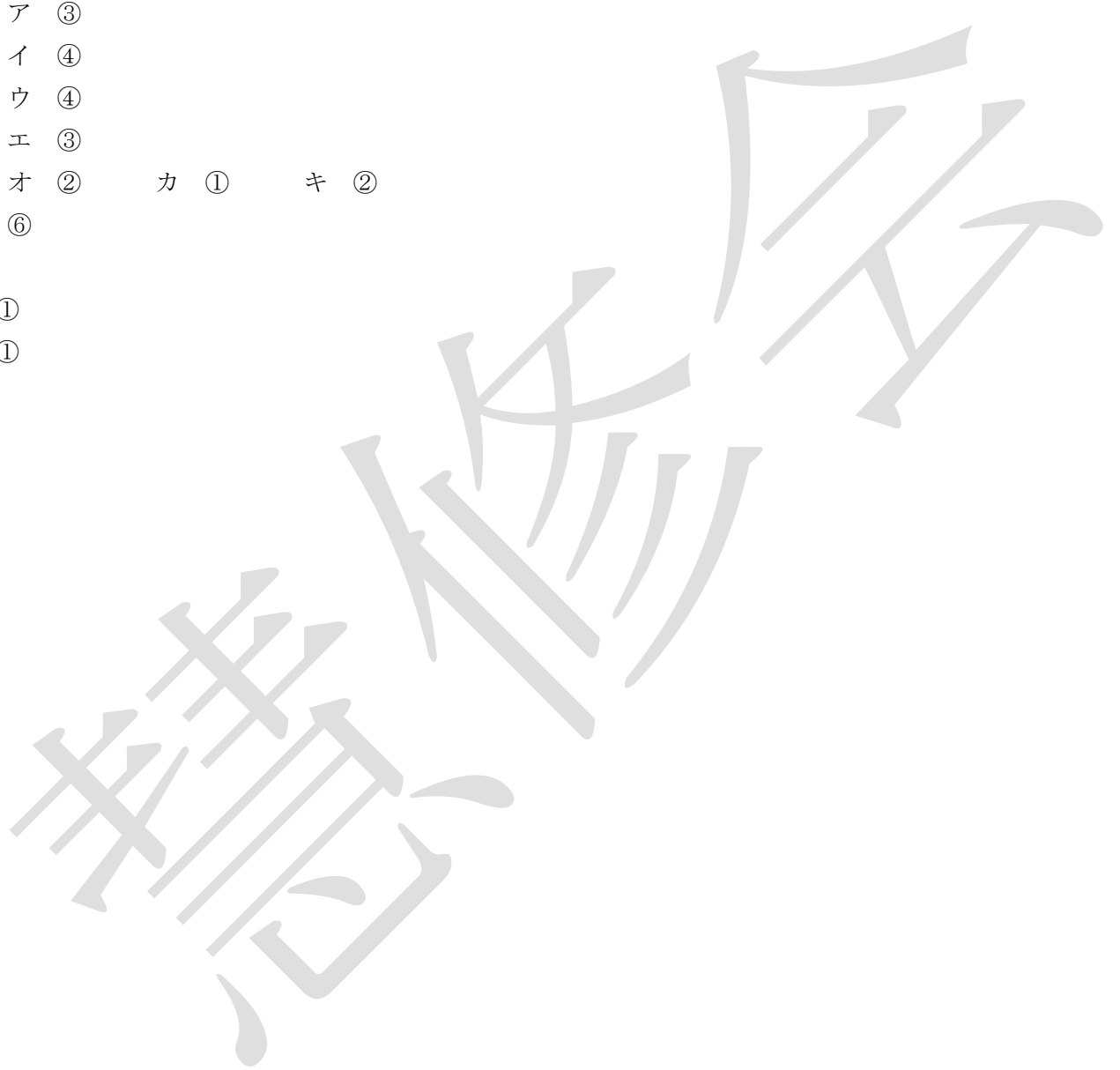
問5 オ ②      カ ①      キ ②

問6 ⑥

問7

(1) ①

(2) ①



【 解 説 】

I

問 1 同じ電子配置をもつ単原子イオンでは、原子核中の陽子の数が多いものほど、電子が中心に引き付けられて、半径が小さくなる。

問 2 混合気体中の各成分の物質量は、

$$\text{O}_2 \quad \frac{3.84 \text{ g}}{32.0 \text{ g/mol}} = 0.120 \text{ mol} \quad \text{N}_2 \quad \frac{4.48 \text{ g}}{28.0 \text{ g/mol}} = 0.160 \text{ mol} \quad \text{Ar} \quad \frac{4.80 \text{ g}}{40.0 \text{ g/mol}} = 0.120 \text{ mol}$$

全物質量は、 $0.120 \text{ mol} + 0.160 \text{ mol} + 0.120 \text{ mol} = 0.400 \text{ mol}$

全圧を  $P[\text{Pa}]$  とすると、理想気体の状態方程式より、

$$P = \frac{0.400 \text{ mol} \times 8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol}) \times 300 \text{ K}}{3.50 \text{ L}}$$

$$\approx 2.849 \times 10^5 \text{ Pa}$$

また、混合気体の平均分子量を  $M$  とすると、

$$M = \frac{3.84 \text{ g} + 4.48 \text{ g} + 4.80 \text{ g}}{0.400 \text{ mol}} \\ = 32.8 \text{ g/mol}$$

問 3

- ① 誤 反応物と均一に混ざり合って作用するものを均一触媒、混ざり合わないものを不均一触媒という。鉄は反応物と混ざり合わない不均一触媒である。
- ② 正
- ③ 誤 触媒は、自身は反応前後で変化しない。
- ④ 正 自動車にはアルミナの表面に触媒として Pt, Pd, Rh を付着させた浄化装置が取り付けられている。この装置は、排気ガス中の炭化水素や CO を酸化し  $\text{H}_2\text{O}$  と  $\text{CO}_2$  に、 $\text{NO}_x$  を還元し  $\text{N}_2$  と  $\text{O}_2$  に変化させる。これを三元触媒という。
- ⑤ 誤 触媒は反応の活性化エネルギーを減少させるが、反応熱は変化しない。
- ⑥ 誤 ハーバー・ボッシュ法では、 $\text{Fe}_3\text{O}_4$  を主成分とする触媒が用られる。

問 4

- ④  $\text{HSO}_3^-$  は  $\text{H}^+$  を放出し、 $\text{SO}_3^{2-}$  に変化している。
- ⑧  $\text{NaHSO}_4$  中の  $\text{HSO}_4^-$  は  $\text{H}^+$  を放出し、 $\text{SO}_4^{2-}$  に変化している。

問5 各反応の反応式と酸化数の変化を示す。

- ①  $\text{Zn} + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{ZnSO}_4 + \text{H}_2$        $\text{Zn} : 0 \rightarrow +2$      $\text{H} : +1 \rightarrow 0$   
 ②  $\text{Cu} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{CuSO}_4 + \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$        $\text{Cu} : 0 \rightarrow +2$      $\text{S} : +6 \rightarrow +4$   
 ③  $\text{CaCO}_3 + 2\text{HCl} \longrightarrow \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$       酸化還元反応ではない  
 ④  $\text{MnO}_2 + 4\text{HCl} \longrightarrow \text{MnCl}_2 + \text{Cl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$        $\text{Cl} : -1 \rightarrow 0$      $\text{Mn} : +4 \rightarrow +2$   
 ⑤  $2\text{KClO}_3 \longrightarrow 2\text{KCl} + 3\text{O}_2$        $\text{O} : -2 \rightarrow 0$      $\text{Cl} : +5 \rightarrow -1$

問6

- a  $\text{Cl}_2$  : 黄緑色       $\text{O}_3$  : 淡青色  
 b  $\text{Cl}_2$  と  $\text{O}_3$  は酸化剤としてはたらく。半反応式(酸性条件)は以下の通りである。  
 $\text{Cl}_2 + 2\text{e}^- \longrightarrow 2\text{Cl}^-$   
 $\text{O}_3 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$   
 c  $\text{Cl}_2$  : 刺激臭       $\text{O}_3$  : 特異臭       $\text{SO}_2$  : 刺激臭       $\text{HF}$  : 刺激臭

問7

- ① 誤  $\text{HF}$  は分子間で水素結合を形成するため沸点が高い。  
 ② 正 フッ化水素酸は  $\text{SiO}_2 + 6\text{HF} \longrightarrow \text{H}_2\text{SiF}_6 + 2\text{H}_2\text{O}$  の反応により、 $\text{SiO}_2$  を溶かす。  
 ③ 正 分子量が大きいものほどファンデルワールス力が強くはたらく。  
 ④ 誤  $\text{F}_2$  は無極性分子なので、極性分子の  $\text{H}_2\text{S}$  よりも沸点が低い。  
 ⑤ 誤 ハロゲン単体は原子番号の小さいものほど酸化力が強い。

問8 選択肢の金属をイオン化傾向順に並べ、酸との反応をまとめると、下表のようになる。

	Al	Fe	Ni	Cu	Hg	Ag	Au	Pt
希酸と反応する	○	○	○	×	×	×	×	×
酸化力のある酸と反応する	○*	○*	○*	○	○	○	×*	×*

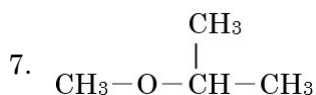
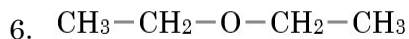
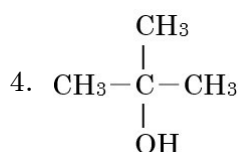
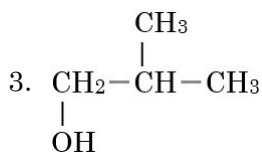
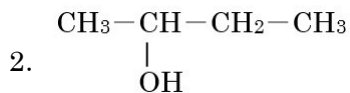
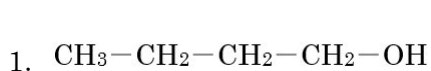
※ Al, Fe, Ni は熱濃硫酸や濃硝酸に対しては不動態を形成する。

※ Au, Pt は王水に対して反応する。

問9

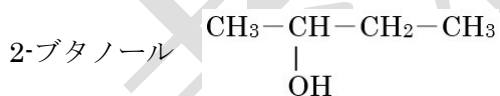
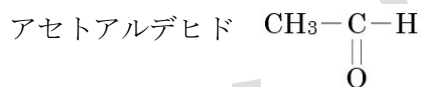
- ②  $\text{AgCl}$  の白色沈殿が生じる。  
 ④  $\text{CaCO}_3$  の白色沈殿が生じる。  
 ⑤  $\text{BaSO}_4$  の白色沈殿が生じる。

問 10 C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>O の構造異性体は、以下の 7 種類である。



- ① 正  
② 正  
③ 誤 不斉炭素原子をもつのは 2-ブタノールだけである。  
④ 正 アルコールは 4 種類である。  
⑤ 誤 FeCl<sub>3</sub> aq による呈色反応はフェノール類の検出である。

問 11 ヨードホルム反応は CH<sub>3</sub>-CO-R, CH<sub>3</sub>-CH(OH)-R (R は C または H) の検出である。これに該当するのは、以下の 3 つである。

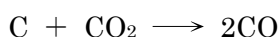


## II

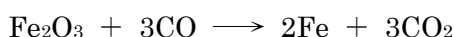
### 問 1

- (1) Fe は第 4 周期, 8 族の遷移元素である。遷移元素(3~11 族)は内側の電子殻に電子が収容されていくため、価電子を 2 つもつものが多い。
- (2) 周期表の周期は最外殻に対応しており, 第 4 周期の元素の最外殻は N 殻である。なお, Fe の電子配置は K(2)L(8)M(14)N(2)である。

- (3) 製鉄では溶鉱炉(高炉)にコークス C と石灰石  $\text{CaCO}_3$  を加えて次の反応により CO ガスを発生させる。



生じた CO により鉄鉱石中の酸化鉄を還元する。



- (4) ステンレス鋼は Fe, Cr, Ni の合金であり, これらはいずれも不動態を形成する。また, トタンは Fe に Zn をめっきしたもので, Zn が先に酸化されることにより Fe を保護する。
- (5) 溶鉱炉から初めに得られる鉄は「銑鉄(せんてつ)」と呼ばれ, 約 4%の C を含む。銑鉄を転炉に移し,  $\text{O}_2$  を通じて C の含有率を 0.02~2%に減らしたものを「鋼」という。

### (6)

- a 酸性条件で  $\text{H}_2\text{S}$  を通じた場合,  $\text{CuS}$  のみが沈殿する。

※ 硫化水素は水溶液中で下式の平衡状態にある。



酸性水溶液中では平衡が左に移動して,  $\text{S}^{2-}$  のモル濃度が減少するため, 比較的溶解度積の大きい  $\text{ZnS}$  や  $\text{FeS}$  は沈殿しない。

- b 過剰量の  $\text{NaOH}$  水溶液を加えた場合,  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  のみが沈殿し,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$  は  $[\text{Pb}(\text{OH})_4]^{2-}$ ,  $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$  として溶解する。

### 問 2

- (1) 測定の誤差を小さくするため, 断熱性の高い発泡ポリスチレン製の容器が好ましい。

- (2) この実験によって発生した熱量がすべて温度上昇に使われた場合の温度変化は,  $\text{NaOH}$  を加えた右図の補正により求まる。発生した熱量を  $q[\text{kJ}]$  とすると,

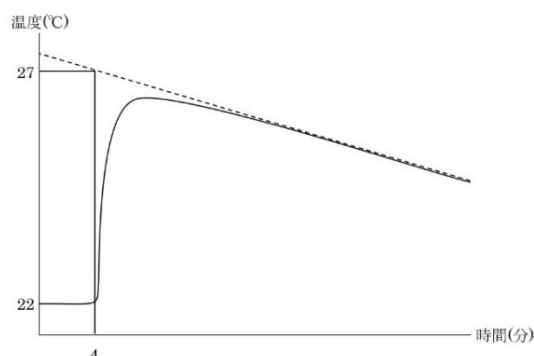
$$q = 4.50 \times 10^{-3} \text{ kJ}/(\text{g} \cdot \text{K}) \times (98.0 + 2.00) \text{ g} \times (27 - 22) \text{ K} = 2.25 \text{ kJ}$$

- (3) この実験で用いた水酸化ナトリウムの物質量は,

$$\frac{2.00 \text{ g}}{40.0 \text{ g/mol}} = 5.00 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

したがって, 水酸化ナトリウムの溶解熱は以下のようなになる。

$$\frac{2.25 \text{ kJ}}{5.00 \times 10^{-2} \text{ mol}} = 45.0 \text{ kJ/mol}$$



問3 この反応のバランスシートは、下図の通り。

	C	+ CO <sub>2</sub>	⇌	2CO	
反応前	1.20	0.80		0	[mol]
反応量	-0.40	-0.40		+0.80	
平衡状態	0.80	0.40		0.80	

また、容器の体積は 1.00 L であるため、平衡定数は次のように求められる。

$$K = \frac{[\text{CO}]^2}{[\text{CO}_2]} = \frac{0.80^2 \text{ mol}^2/\text{L}^2}{0.40 \text{ mol/L}} = 1.60 \text{ mol/L}$$

※ C は固体なので、モル濃度は定数として扱える。

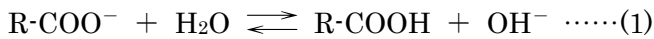
$$K' = \frac{[\text{CO}]^2}{[\text{C}][\text{CO}_2]} \text{ より, } K'[\text{C}] = \frac{[\text{CO}]^2}{[\text{CO}_2]}$$

$$K'[\text{C}] = K \text{ とすれば, } K = \frac{[\text{CO}]^2}{[\text{CO}_2]} \text{ である。}$$

### III

問 1～3 油脂は高級脂肪酸とグリセリンが縮合したエステルである。NaOH や KOH などの強塩基でエステルを加水分解する操作をけん化という。

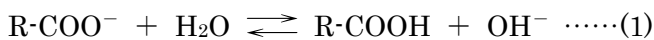
問 4～6 セッケンは高級脂肪酸のナトリウム塩なので、水溶液中では下式(1)のように加水分解し、弱塩基性を示す。



セッケンは水面付近では親水基を水層、疎水基を空気層に向けて配列し、一定以上の濃度になると、水溶液中で親水基を外側、疎水基を内側に向けて会合コロイドを形成する。これをミセルと呼ぶ。

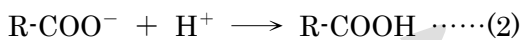
問 7

(1) セッケンは水溶液中では高級脂肪酸イオンが式(1)の加水分解平衡にある。



ジエチルエーテルを加えて振り混ぜると、疎水性の R-COOH がジエチルエーテル層に移動するため、水層では式(1)の平衡が右に移動し、OH<sup>-</sup>が増加する。したがって、pH は大きくなる。

(2) 塩酸を加えると、下式(2)のように高級脂肪酸が遊離する。



高級脂肪酸は疎水性であるため、ジエチルエーテル層に移動する。

お問い合わせは ☎0120-302-872

<https://keishu-kai.jp/>