

# 一般入試 後期・高得点2教科型(D日程)

## 化学

必要であれば、原子量などは次の値を使え。

原子量 H : 1.0 C : 12 N : 14 O : 16 S : 32 K : 39 I : 127

近似値  $\log_{10}2 = 0.30$

気体は、実在気体とことわりがない限り、理想気体として扱うものとする。

### I (配点 47)

中和滴定に関する次の文章を読み、以下の問い(1)～(10)に答えよ。なお、同じ記号の空欄には同じものが入る。 [解答番号  ～  ]

食酢中に含まれる酢酸の濃度を水酸化ナトリウム水溶液を用いた中和滴定により調べるためには、まず、水酸化ナトリウム水溶液の正確な濃度を求める必要がある。それは、固体の水酸化ナトリウムが、空気中の  を吸収して潮解したり  に変化し、正確に濃度調整することが難しいためである。そのため、正確な濃度のシュウ酸水溶液を調製した後、中和滴定により水酸化ナトリウム水溶液の正確な濃度を求める。その後、濃度を求めた水酸化ナトリウム水溶液を用いて、食酢中の酢酸の濃度を中和滴定によって求める。ただし、食酢中に含まれる酢酸のみが水酸化ナトリウムと反応するものとする。

次の操作で、酢酸の濃度を求めた。

【操作1】 0.100 mol/L のシュウ酸水溶液を、容積 500 mL の  を用いて調製した。この場合、シュウ酸二水和物  $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  が  g 必要であった。

【操作2】 操作1で調製したシュウ酸水溶液 10.0 mL と (a) 指示薬数滴を  に入れ、濃度未知の水酸化ナトリウム水溶液を  から滴下していくと、 内の水溶液の (b) 色 が変化し、中和点に達したと判断し、滴下をやめた。このときの水酸化ナトリウム水溶液の滴下量は 12.5 mL であった。

【操作3】 市販の食酢 A を正確に 10 倍に希釈し、正確に 20.0 mL をはかり取って別の  に入れ、指示薬を数滴加えた。操作2の水酸化ナトリウム水溶液を滴下し、中和に要する量が 10.0 mL であった。

操作3において、水酸化ナトリウム水溶液を 5.00 mL 加えたときの pH について考える。このとき  中の水溶液には中和によって生じた酢酸イオンが存在し、残存する酢酸はほとんど電離しないので、水溶液中の酢酸分子と酢酸イオンの物質量の比はほぼ  となる。

このときの pH は、約  となる。なお、酢酸の電離定数は  $2.00 \times 10^{-5}$  mol/L とする。

- (1) 空欄 **ア** にあてはまる気体を次の a ~ c の中から過不足なく含むものを、下の①~⑦の中から1つ選べ。 **1**

a : 酸素      b : 水蒸気      c : 二酸化炭素

- ① aのみ                      ② bのみ                      ③ cのみ                      ④ aとb  
⑤ aとc                      ⑥ bとc                      ⑦ aとbとc

- (2) 空欄 **イ** にあてはまる物質として正しいものを、次の①~⑤の中から1つ選べ。

**2**

- ① 酸化ナトリウム                      ② 塩化ナトリウム                      ③ 水素化ナトリウム  
④ 炭酸ナトリウム                      ⑤ 酢酸ナトリウム

- (3) 空欄 **ウ** , **オ** , **カ** にあてはまるガラス器具の名称の組合せとして正しいものを、次の①~⑥の中から1つ選べ。 **3**

	ウ	オ	カ
①	コニカルビーカー	メスフラスコ	ビュレット
②	コニカルビーカー	ビュレット	メスフラスコ
③	メスフラスコ	コニカルビーカー	ビュレット
④	メスフラスコ	ビュレット	ホールピペット
⑤	ビュレット	コニカルビーカー	メスフラスコ
⑥	ビュレット	メスフラスコ	ホールピペット

- (4) 空欄 **エ** にあてはまる数値として最も適するものを、次の①~⑥の中から1つ選べ。

**4**

- ① 4.50                      ② 6.30                      ③ 9.00                      ④ 12.6                      ⑤ 13.5                      ⑥ 18.9

- (5) 下線部 (a) の指示薬と、下線部 (b) の色の変化の組合せとして最も適するものを、次の①～⑥の中から1つ選べ。

	指示薬	色の変化
①	メチルオレンジ	赤色から無色
②	メチルオレンジ	無色から赤色
③	メチルオレンジ	赤色から黄色
④	フェノールフタレイン	赤色から無色
⑤	フェノールフタレイン	無色から赤色
⑥	フェノールフタレイン	赤色から黄色

- (6) 操作2で求めた水酸化ナトリウム水溶液のモル濃度 [mol/L] として最も適するものを、次の①～⑥の中から1つ選べ。  mol/L

① 0.0400    ② 0.0800    ③ 0.160    ④ 0.320    ⑤ 0.400    ⑥ 0.800

- (7) 希釈前の食酢 A 中の酢酸のモル濃度 [mol/L] として最も適するものを、次の①～⑥の中から1つ選べ。  mol/L

① 0.0400    ② 0.0800    ③ 0.160    ④ 0.320    ⑤ 0.400    ⑥ 0.800

- (8) 希釈前の食酢 A 中の酢酸の質量パーセント濃度 [%] として最も適するものを、次の①～⑥の中から1つ選べ。ただし、食酢 A の密度は  $1.00 \text{ g/cm}^3$  とする。  %

① 1.20    ② 2.40    ③ 4.80    ④ 9.60    ⑤ 12.0    ⑥ 24.0

- (9) 空欄  にあてはまる物質量の比として最も適するものを、次の①～⑤の中から1つ選べ。

① 3:1    ② 2:1    ③ 1:1    ④ 1:2    ⑤ 1:3

- (10) 空欄  にあてはまる数値として最も適するものを、次の①～⑥の中から1つ選べ。

① 4.4    ② 4.7    ③ 5.0    ④ 5.3    ⑤ 5.6    ⑥ 5.9

Ⅱ (配点 56)

〔I〕 アンモニアの製造方法に関する次の文章を読んで、以下の(1)～(8)に答えよ。なお、反応容器中では、 $\text{N}_2$ 、 $\text{H}_2$ と $\text{NH}_3$ はすべて気体として存在するものとする。

〔解答番号 11 ～ 19 〕

アンモニアの工業的な製造方法であるハーバー・ボッシュ法においては、圧力と温度の反応条件が重要である。圧力を高くすると、反応物である窒素分子と水素分子の衝突回数が ア し、反応速度が イ なる。ハーバー・ボッシュ法のように反応物や生成物が気体である可逆反応では、ルシャトリエの原理より、圧力が高いほど気体の総物質質量(気体分子の総数)が ウ する方向に平衡が移動する。したがって式(i)の反応では、加圧するとアンモニアが エ する方向に平衡が移動する。



ハーバー・ボッシュ法では、反応温度を低くすると平衡時のアンモニアの占める割合が大きくなることから、式(i)の正反応におけるエンタルピー変化は オ である。一般に反応温度を低くすると当初の反応速度が カ なり、平衡に達するまでの時間が キ なる。そのため、アンモニアの生成効率を高める工夫として、<sub>(a)</sub>触媒が用いられる。

また、式(i)の平衡を考える際に、気体のみが反応する可逆反応では<sub>(b)</sub>濃度平衡定数だけでなく<sub>(c)</sub>圧平衡定数を用いることがある。いま、一定容積の密閉容器内で温度を  $T$  [K] に保ちながら 2.0 mol の窒素と 5.0 mol の水素を加えて反応させたところ、窒素の 50% が反応して<sub>(d)</sub>平衡状態に達した。このとき生成したアンモニアは ク mol であった。

(1) 空欄 ア , イ にあてはまる語句の組合せとして最も適するものを、次の①～④の中から1つ選べ。 11

	ア	イ
①	増加	大きく
②	増加	小さく
③	減少	大きく
④	減少	小さく

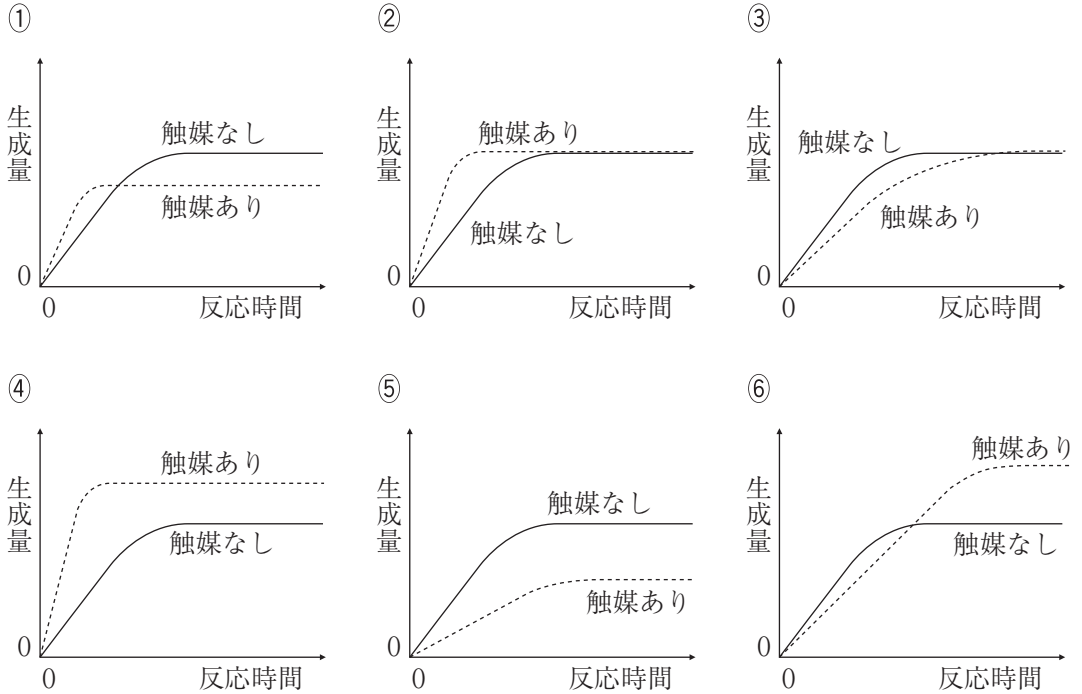
- (2) 空欄 **ウ** , **エ** にあてはまる語句の組合せとして最も適するものを、  
次の①～④の中から1つ選べ。 **12**

	ウ	エ
①	増加	減少
②	増加	増加
③	減少	減少
④	減少	増加

- (3) 空欄 **オ** , **カ** , **キ** にあてはまる語句の組合せとして最も適するものを、次の①～⑧の中から1つ選べ。 **13**

	オ	カ	キ
①	正の値	大きく	長く
②	負の値	大きく	長く
③	正の値	大きく	短く
④	負の値	大きく	短く
⑤	正の値	小さく	長く
⑥	負の値	小さく	長く
⑦	正の値	小さく	短く
⑧	負の値	小さく	短く

(4) 下線部 (a) に関連して、一般に化学反応において反応物のみで反応を開始した場合 (実線のグラフ) と、反応物に触媒を加えて反応を開始した場合 (破線のグラフ) の、生成物の量の経時変化を表したグラフとして最も適するものを、次の①～⑥の中から1つ選べ。 14



(5) 下線部 (b), (c) について、一定温度  $T$  [K] における濃度平衡定数  $K_c$  および圧平衡定数  $K_p$  を求めるには、各物質量のほかにどのような値が必要か。次の a～c から必要な値を過不足なく含むものを、下の①～⑧の中からそれぞれ1つずつ選べ。なお、圧平衡定数  $K_p$  とは、濃度平衡定数  $K_c$  の式におけるモル濃度の代わりに、各気体の分圧を用いて表す平衡定数であり、アンモニアの生成反応では、式(ii)で表される。

$$K_p = \frac{(p_{\text{NH}_3})^2}{p_{\text{N}_2} \times (p_{\text{H}_2})^3} \quad (\text{ii})$$

$p_{\text{N}_2}$ ,  $p_{\text{H}_2}$ ,  $p_{\text{NH}_3}$  は窒素, 水素, アンモニアの分圧

濃度平衡定数  $K_c$  は 15, 圧平衡定数  $K_p$  は 16

a : 反応容器の体積    b : 気体の温度    c : 気体定数

- ① aのみ    ② bのみ    ③ cのみ    ④ aとb    ⑤ aとc  
 ⑥ bとc    ⑦ a, b, cすべて    ⑧ a, b, cいずれも不要

(6) 空欄  にあてはまる数値として最も適するものを、次の①～⑥の中から1つ選べ。  mol

- ① 0.40      ② 0.50      ③ 1.0      ④ 1.4      ⑤ 2.0      ⑥ 3.0

(7) 下線部 (d) の平衡状態にある混合気体から、アンモニアをすべて取り除いた。ここに新たに窒素を加えて同じ温度  $T$  [K] に保ったところ、新たな平衡状態に達し、水素とアンモニアの分圧が等しくなった。新たな平衡時の水素は何 mol か。最も適する数値を、次の①～⑥の中から1つ選べ。  mol

- ① 0.10      ② 0.20      ③ 0.40      ④ 0.50      ⑤ 0.60      ⑥ 0.80

(8) 前問 (7) で、新たに加えた窒素は何 mol か。最も適する数値を、次の①～⑥の中から1つ選べ。  mol

- ① 0.60      ② 0.80      ③ 1.1      ④ 1.4      ⑤ 1.9      ⑥ 2.0

[II] アンモニアの利用用途に関する次の文章を読んで、以下の (9) ～ (12) に答えよ。なお、同じ記号の空欄には同じものが入る。 【解答番号  ～ 】

アンモニアは、硝酸の原料として、また、アンモニウム塩のような肥料の原料として使われている。硝酸の工業的製法では、触媒として  を用いる  法が有名である。また、アンモニアは、ガラスや洗剤の原料に用いられる  を工業的に製造する  法でも利用されている。

一方、 法で生成する塩化アンモニウムや、<sup>(e)</sup>硫酸アンモニウム  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  は、肥料としても使われている。窒素は、 や  と並んで肥料の三要素とよばれている。

- (9) 空欄 **ケ** , **コ** にあてはまる語句の組合せとして最も適するものを、次の①～⑨の中から1つ選べ。 **20**

	ケ	コ
①	白金	接触
②	白金	オストワルト
③	白金	アンモニアソーダ (ソルベール)
④	酸化バナジウム(V)	接触
⑤	酸化バナジウム(V)	オストワルト
⑥	酸化バナジウム(V)	アンモニアソーダ (ソルベール)
⑦	鉄	接触
⑧	鉄	オストワルト
⑨	鉄	アンモニアソーダ (ソルベール)

- (10) 空欄 **サ** , **シ** にあてはまる語句の組合せとして最も適するものを、次の①～⑥の中から1つ選べ。 **21**

	サ	シ
①	炭酸ナトリウム	オストワルト
②	炭酸ナトリウム	アンモニアソーダ (ソルベール)
③	炭酸ナトリウム	接触
④	炭酸アンモニウム	オストワルト
⑤	炭酸アンモニウム	アンモニアソーダ (ソルベール)
⑥	炭酸アンモニウム	接触

- (11) 下線部 (e) に関連して、硫酸アンモニウム (式量 132) に含まれる窒素の質量百分率 [%] として最も適するものを、次の①～⑥の中から1つ選べ。 **22** %
- ① 11      ② 14      ③ 21      ④ 27      ⑤ 34      ⑥ 42

- (12) 空欄 **ス** , **セ** にあてはまる元素記号として最も適するものを、次の①～⑥の中からそれぞれ1つずつ選べ。なお、解答の順序は問わない。

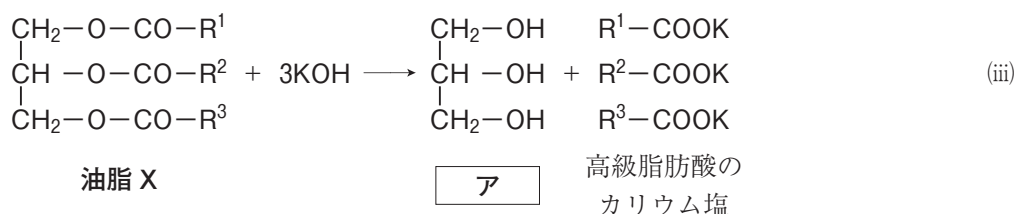
**23** , **24**

- ① Ca      ② S      ③ P      ④ Na      ⑤ K      ⑥ Mg

Ⅲ (配点 47)

油脂およびセッケンに関する次の文章を読んで、以下の(1)～(9)に答えよ。なお、同じ記号の空欄には同じものが入る。 [解答番号 25 ～ 33 ]

油脂は、1分子の ア と3分子の高級脂肪酸からなるエステルであり、(a)油脂を水酸化カリウムを用いて加水分解(けん化)すると、式(iii)のように ア と高級脂肪酸のカリウム塩を生じる。高級脂肪酸には、パルミチン酸  $C_{15}H_{31}COOH$ 、リノレン酸  $C_{17}H_{29}COOH$  など、炭素原子の数や不飽和結合の数がさまざまなものがある。



$R^1, R^2, R^3$  は炭化水素基

分子量が886の油脂X 1.00 gを、式(iii)のようにけん化するのに最小限必要な水酸化カリウムの質量は、イ mgである。

100 gの油脂Xの炭素原子間の二重結合に付加したヨウ素の質量が57.3 gであるとき、1分子の油脂Xの炭素原子間に含まれる二重結合はウ 個である。

油脂Xを構成する高級脂肪酸にはAとBの2種類があり、その物質量の比はA:B=1:2であった。油脂Xに触媒を用いて十分な量の水素を付加すると炭素原子間の二重結合がすべて単結合に変化し、油脂X中の高級脂肪酸はAのみとなった。このことから、A、Bの炭素原子間に含まれる二重結合の数はエ であり、AとBの炭素原子の数はオ 。

高級脂肪酸の炭化水素基に由来する部分はカ 性を示し、カルボキシ基に由来する部分はキ 性を示すので、ク のように配列する。セッケン水に油を入れて振り混ぜると、セッケンが油滴をとり囲み、模式的に図ケ のように水中に分散する。

(1) 空欄 ア にあてはまる物質として最も適するものを、次の①～⑥の中から1つ選べ。

25

- |            |             |            |
|------------|-------------|------------|
| ① メタノール    | ② エタノール     | ③ 1-プロパノール |
| ④ 2-プロパノール | ⑤ エチレングリコール | ⑥ グリセリン    |

(2) 下線部 (a) に関連して、けん化および酸を用いた加水分解 (以下、単に加水分解とよぶ) についての記述 a ~ c の正誤の組合せとして正しいものを、下の①~⑧の中から1つ選べ。 26

- a 十分に時間が経てば、けん化、加水分解のいずれでも油脂はほぼ完全に分解される。  
 b けん化の生成物にのみ、高級脂肪酸の塩が生じる。  
 c けん化における塩基も、加水分解における酸も触媒としてのみ作用している。

	a	b	c
①	正	正	正
②	正	正	誤
③	正	誤	正
④	正	誤	誤
⑤	誤	正	正
⑥	誤	正	誤
⑦	誤	誤	正
⑧	誤	誤	誤

(3) 空欄 イ にあてはまる数値として最も適するものを、次の①~⑥の中から1つ選べ。

27 mg

- ① 19.6      ② 65.3      ③ 131      ④ 190      ⑤ 261      ⑥ 652

(4) 空欄 ウ にあてはまる数値として最も適するものを、次の①~⑥の中から1つ選べ。

28 個

- ① 1      ② 2      ③ 3      ④ 4      ⑤ 5      ⑥ 6

(5) 空欄 エ にあてはまる語句として最も適するものを、次の①~⑥の中から1つ選べ。

29

- ① A は 2 個, B は 1 個      ② A は 2 個, B は 0 個      ③ A は 1 個, B は 2 個  
 ④ A は 1 個, B は 0 個      ⑤ A は 0 個, B は 2 個      ⑥ A は 0 個, B は 1 個

(6) 空欄 オ にあてはまる語句として最も適するものを、次の①~⑤の中から1つ選べ。

30

- ① A のほうが 2 個多い      ② A のほうが 1 個多い      ③ 等しい  
 ④ A のほうが 1 個少ない      ⑤ A のほうが 2 個少ない

