

(2020年度)

## 2 化学問題 (60分)

(この問題冊子は12ページ，3問である。)

### 受験についての注意

1. 試験監督者の指示があるまで，問題冊子を開いてはならない。
2. 試験開始前に，試験監督者から指示があったら，解答用紙の右上の番号が自分の受験番号と一致することを確認し，所定の欄に氏名を記入すること。次に，解答用紙の右側のミシン目にそって，きれいに折り曲げてから，受験番号と氏名が書かれた切片を切り離し，机上に置くこと。
3. 試験監督者から試験開始の指示があったら，この問題冊子が，上に記したページ数どおりそろっていることを確かめること。
4. 筆記具は，HかFかHBの黒鉛筆またはシャープペンシルに限る。万年筆・ボールペンなどを使用してはならない。時計に組み込まれたアラーム機能，計算機能，辞書機能を使用してはならない。また，スマートウォッチなどのウェアラブル端末を使用してはならない。
5. 解答にあたっては，3ページの「解答上の注意」をよく読み，その指示に従うこと。
6. 解答は，解答用紙の各問の選択肢の中から正解と思うものを選んで，そのマーク欄をぬりつぶすこと。
7. マークをするとき，マーク欄からはみ出したり，白い部分を残したり，文字や番号，○や×をつけたりしてはならない。また，マーク箇所以外の部分には何も書いてはならない。
8. 訂正する場合は，消しゴムでていねいに消すこと。消しきずはきれいに取り除くこと。
9. 解答用紙を折り曲げたり，破ったりしてはならない。
10. 試験監督者の許可なく試験時間中に退場してはならない。
11. 解答用紙を持ち帰ってはならない。
12. 問題冊子，計算用紙は必ず持ち帰ること。
13. この問題冊子の余白を計算用紙として使用してよい。



## 解 答 上 の 注 意

- (1) 数値による解答は、各問に指示されたように記述せよ。  
 答えが0(ゼロ)の場合、特に問題文中に指示がないときはa欄をマークせよ。  
 有効数字2桁で解答する場合、位取りは、次のように小数点の位置を決め、  
 記入例のようにマークせよ。

$$0.30 \rightarrow 3.0 \times 10^{-1}$$

$$1.24 \rightarrow 1.2 \times 10^0$$

$$17.5 \rightarrow 1.8 \times 10^{+1}$$

記入例： $3.0 \times 10^{-1}$

1 の 桁	0.1 の 桁	指 数
Ⓐ ① ② ● ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨	● ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨	⊕ ● ① ● ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨

指数が0(ゼロ)の場合は正負の符号にはマークせず、0(ゼロ)のみマークせよ。

指 数
⊕ ⊖ ● ① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨

- (2) 計算を行う場合、必要ならば次の値を用いよ。
- 原子量    H : 1.00    C : 12.0    N : 14.0    O : 16.0    Na : 23.0  
           S : 32.0    Cl : 35.0    Ca : 40.0    Cu : 64.0    Ag : 108  
           I : 127    Pt : 195
- アボガドロ定数： $6.02 \times 10^{23}/\text{mol}$   
 0 K(絶対零度) =  $-273 \text{ } ^\circ\text{C}$   
 気体定数： $8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$   
 ファラデー定数： $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$   
 水のモル凝固点降下： $1.85 \text{ K}\cdot\text{kg/mol}$
- (3)  $0 \text{ } ^\circ\text{C}$ ,  $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ における気体 1 mol の体積は、22.4 L とする。
- (4) 気体は、すべて理想気体とする。

1 次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

容器の内側と外側との熱の出入りを遮断する断熱容器を用い、容器内の温度変化を測定する実験Ⅰ～Ⅳを行った。

実験Ⅰ 断熱容器に水 38.0 g と水酸化ナトリウム NaOH 2.00 g を入れ、水酸化ナトリウムを水に溶かしたところ、水溶液の温度は 25.0 °C から 37.5 °C に上がった。

実験Ⅱ 実験Ⅰの 37.5 °C の水溶液に、37.5 °C の 1.00 mol/L 硫酸 10.0 mL を加えたところ、水溶液の温度は 37.5 °C から 42.7 °C に上がった。

実験Ⅲ 実験Ⅰ、Ⅱとは別の断熱容器に塩化ナトリウム NaCl と水を入れ、塩化ナトリウムを水に溶かしたところ、水溶液の温度が下がった。

実験Ⅳ 図1のように、薄いフィルムで仕切られた小袋のそれぞれの区画に、酸化カルシウム CaO 28.0 g と水  $x$  g を入れ、封をした。これをヒートパックとする。2.00 kg の水を入れた断熱容器にヒートパックを沈めてから内部の仕切(フィルム)のみを破ったところ、ヒートパック内の水と酸化カルシウムが反応し、それによって断熱容器内の水の温度が 25.0 °C から 26.5 °C に上がった。

ただし、1 g の水と水溶液の温度を 1 °C 変化させるために必要な熱量をいずれも 4.20 J、水と水溶液の密度をいずれも 1.00 g/cm<sup>3</sup> とし、これらは温度によって変化しないものとする。また、容器内の気体との熱の移動は無視できるものとする。

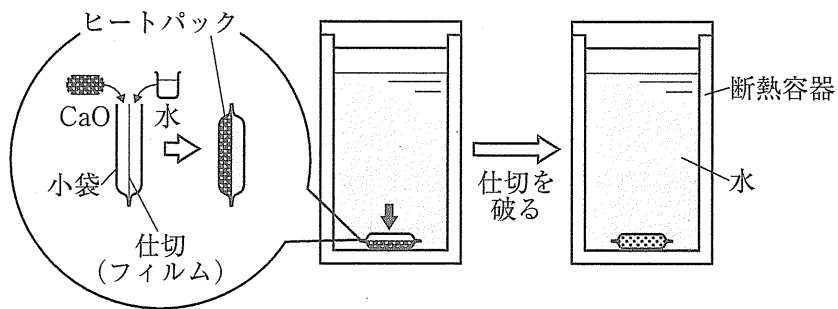
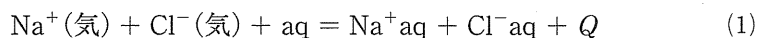
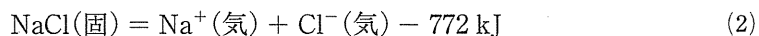


図1 実験Ⅳの様子

- 問1 実験Ⅰにおいて、水酸化ナトリウムを水に溶かしたときに発生する熱量は、水酸化ナトリウム 1 mol あたり何 kJ か。有効数字 2 桁で答えよ。
- 問2 実験Ⅱにおいて、硫酸と水酸化ナトリウムが反応したときに発生する熱量は、生成した水 1 mol あたり何 kJ か。有効数字 2 桁で答えよ。
- 問3 塩化ナトリウムを水に溶かすと電離し、水溶液中でナトリウムイオンや塩化物イオンは水和によって安定な状態になる。この水和の熱化学方程式は、水和熱を  $Q$  とすると、式(1)のように表される。



また、塩化ナトリウム  $\text{NaCl}(\text{固})$  の結晶を構成する粒子を完全に引き離して気体にする熱化学方程式は、式(2)のように表される。



実験Ⅲにおいて、塩化ナトリウムの結晶 60.9 g を水に溶かして 1.00 kg の水溶液とすると、水溶液の温度が  $1.00^\circ\text{C}$  下がった。塩化ナトリウムの水への溶解熱と式(1)、(2)から求められる、式(1)の水和熱  $Q$  は何 kJ か。有効数字 3 桁で答えよ。

問4 実験Ⅲにおいて、塩化ナトリウム 0.580 g を水 100 g に溶かしたとき、この水溶液の凝固点は、水の凝固点より何℃下がるか。有効数字 2 桁で答えよ。

問5 実験Ⅳにおいて、小袋に入れた水の質量  $x$  は少なくとも何 g か。有効数字 2 桁で答えよ。ただし、酸化カルシウム 1 mol と水との反応熱は 63.0 kJ であり、その他の反応は無視できるものとする。また、ヒートパックの質量は断熱容器内の水の質量よりも十分小さいので、ヒートパックの加熱に使われた熱量は無視できるものとする。



2 次の文章を読み、問6～問10に答えよ。

窒素化合物の一種であるアンモニア  $\text{NH}_3$  は、常温常圧において刺激臭をもつ無色の気体である。アンモニアは水に溶けやすく、水溶液中で一部のアンモニアが水と式(1)のように反応し、その水溶液は弱塩基性を示す。



また、アンモニアは、さまざまな化学反応において水素イオン  $\text{H}^+$  を受け取る塩基として<sup>(i)</sup>はたらくことが知られている。

同じく、窒素化合物の一種である硝酸  $\text{HNO}_3$  は、揮発性のある無色の液体である。硝酸は水に溶けやすく、その水溶液は強酸性を示すととも<sup>(ii)</sup>に酸化剤としてはたらく。硝酸はアンモニアを原料として、次の工程Ⅰ→Ⅱ→Ⅲを順番に経由して合成することができる。

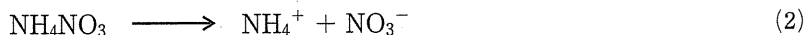
工程Ⅰ 白金触媒の存在下でアンモニアを十分な量の酸素  $\text{O}_2$  と反応させて、一酸化窒素  $\text{NO}$  と水を得る。

工程Ⅱ 一酸化窒素を十分な量の酸素  $\text{O}_2$  と反応させて、二酸化窒素  $\text{NO}_2$  を得る。

工程Ⅲ 二酸化窒素を十分な量の水と反応させて、目的の硝酸と副生成物である一酸化窒素を得る。

工程Ⅲで副生成物として得られた一酸化窒素を回収し、これを再び工程ⅡおよびⅢを経由して硝酸へ変化させること<sup>(iii)</sup>で、原料であるアンモニアを無駄なく利用することができる。

硝酸はアンモニアと反応して硝酸アンモニウム  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  を生じる。硝酸アンモニウムは水に溶けやすく、水溶液中では式(2)のように完全に電離する。





問6 下線部(i)について、 $0.100 \text{ mol/L}$  希硫酸  $100 \text{ mL}$  にアンモニアを反応させた。反応後の溶液に含まれる未反応の硫酸を  $0.200 \text{ mol/L}$  水酸化ナトリウム水溶液を用いて滴定したところ、中和点までに  $15.0 \text{ mL}$  を必要とした。反応したアンモニアの物質量は何  $\text{mol}$  か。有効数字2桁で答えよ。

問7 下線部(ii)について、濃硝酸  $10.0 \text{ mL}$  を水で希釈して  $1.00 \text{ L}$  の希硝酸とした。この希硝酸の水素イオン濃度  $[\text{H}^+]$  は何  $\text{mol/L}$  か。有効数字2桁で答えよ。なお、濃硝酸の質量パーセント濃度と密度をそれぞれ  $63.0\%$  と  $1.40 \text{ g/cm}^3$  とする。

問8 下線部(ii)について、希硝酸に銅  $\text{Cu}$  を溶解したところ、気体としては  $0^\circ\text{C}$ 、 $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$  で  $0.896 \text{ L}$  の一酸化窒素のみが生成した。このとき、溶解した銅の質量は何  $\text{g}$  か。有効数字2桁で答えよ。

問9 下線部(iii)について、 $1 \text{ mol}$  のアンモニアを用いて工程  $\text{I} \rightarrow \text{II} \rightarrow \text{III}$  を経由し、硝酸と一酸化窒素を合成した。その一酸化窒素を回収し、工程  $\text{II} \rightarrow \text{III}$  をさらに1回繰り返した。これらの工程の後に残る一酸化窒素の物質量は何  $\text{mol}$  か。有効数字2桁で答えよ。なお、すべての反応は完全に進行し、生成物はすべて回収して次の工程で使われたものとする。

問10 水に  $1.00 \times 10^{-2} \text{ mol}$  の硝酸アンモニウムと  $0.100 \text{ mol/L}$  アンモニア水溶液  $50.0 \text{ mL}$  を混合し、 $100 \text{ mL}$  の水溶液とした。この水溶液の  $25^\circ\text{C}$  における水素イオン濃度  $[\text{H}^+]$  は何  $\text{mol/L}$  か。有効数字2桁で答えよ。ただし、 $25^\circ\text{C}$  における水のイオン積  $K_w$  は  $1.00 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$ 、アンモニアの塩基の電離定数  $K_b$  は  $2.50 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$  とする。また、式(2)の電離度は1であり、式(1)の電離度は1より十分に小さいものとする。

3 次の文章を読み、問 11～問 16 に答えよ。

エステル A と油脂 D、F に関する実験 I～VIII を行った。

#### エステル A の構造を調べる実験

- 実験 I エステル A は炭素、水素、酸素だけから構成され、分子量が 100 以下であることがわかった。148 mg のエステル A を完全燃焼させたところ、二酸化炭素 264 mg、水 108 mg が得られた。
- 実験 II エステル A を加水分解したところ、カルボン酸 B とアルコール C が得られた。カルボン酸 B をアンモニア性硝酸銀水溶液に加えて穏やかに加熱すると、銀が析出した。
- 実験 III カルボン酸 B と炭酸水素ナトリウムを反応させたところ、気体が発生した。  
(i)

#### 油脂 D、F の構造を調べる実験

油脂は、高級脂肪酸 R-COOH (R: 炭化水素基) とグリセリン (1, 2, 3-プロパントリオール)  $C_3H_5(OH)_3$  のエステルである。

- 実験 IV 439 mg の油脂 D を 0.100 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液で完全に加水分解(けん化)したところ、15.0 mL の水酸化ナトリウム水溶液を必要とした。これにより、油脂 D からグリセリンと 1 種類の脂肪酸 X のナトリウム塩のみが得られた。脂肪酸 X は、三重結合をもたない直鎖の不飽和脂肪酸であった。
- 実験 V 439 mg の油脂 D にヨウ素  $I_2$  を完全に反応させたところ、762 mg のヨウ素  $I_2$  が付加した。
- 実験 VI 油脂 D に水素  $H_2$  を完全に付加させたところ、油脂 E が得られた。油脂 E の加水分解で得られた脂肪酸は、飽和脂肪酸 Y のみであった。
- 実験 VII 油脂 D と同じ分子量の油脂 F を完全に加水分解したところ、脂肪酸 Y および Z が 1 : 2 の物質質量比で得られた。脂肪酸 Y は飽和脂肪酸で、脂肪酸 Z は三重結合をもたない直鎖の不飽和脂肪酸であった。
- 実験 VIII 油脂 F に水素  $H_2$  を完全に付加させたところ、油脂 E が得られた。

問11 エステルAの分子式  $C_aH_bO_c$  における  $a$ ,  $b$ ,  $c$  をそれぞれ 1～10 の整数で答えよ。11 以上の場合は, z 欄をマークせよ。

問12 エステルAと同じ分子式で表され, カルボキシ基またはアセチル基をもつ構造異性体は, エステルAを除いて全部で何種類存在するか。1～9 の整数で答えよ。0 または 10 種類以上の場合は, z 欄をマークせよ。

問13 下線部(i)の気体の(ア)種類と(イ)捕集方法として, もっとも適切なものを, 次の a)～f) からそれぞれ 1 つ選べ。該当する選択肢がない場合は, z 欄をマークせよ。

[(ア)の選択肢]

a) 水素  $H_2$                       b) 二酸化炭素  $CO_2$               c) 酸素  $O_2$

[(イ)の選択肢]

d) 上方置換                      e) 下方置換                      f) 水上置換

問14 油脂Dの分子量はいくらか。3桁の整数で答えよ。ただし, 答えが3桁以外の場合は, z 欄をマークせよ。

問15 1分子の不飽和脂肪酸Zに含まれる炭素-炭素二重結合の数はいくつか。1～9 の整数で答えよ。10 以上の場合は, z 欄をマークせよ。

- 問16 脂肪酸 X, Y, Z に関する正しい記述を, 次の a) ~ e) から すべて 選べ。該当する選択肢がない場合は, z 欄をマークせよ。
- a) 脂肪酸 X は, 硬水中で水に難溶性の塩となる。
  - b) 脂肪酸 Y の融点は, 脂肪酸 X の融点よりも高い。
  - c) 脂肪酸 X と Z は, 分子内に同数の炭素原子をもつ。
  - d) 脂肪酸 Z のナトリウム塩の水溶液は, 弱酸性を示す。
  - e) 脂肪酸 Y のナトリウム塩は, いかなる濃度においても水溶液中でミセルを形成しない。







