

(平成 21 年度前期日程)

# 理 科

## (化 学)

120 分

### 注 意 事 項

1. 試験開始の合図までこの問題冊子を開かないこと。
2. 本問題冊子は 16 ページ、答案用紙は 2 ページである。
3. 各答案用紙の右上枠内には、受験番号を記入し、左上段の枠内には、受験番号の下 2 衞の数字を忘れずに記入すること。
4. 解答はすべて答案用紙の所定欄に記入すること。
5. 答案用紙に記入する受験番号および解答の数字の字体は、下記の例にならい、明瞭に記入すること。

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

6. 解答上の注意は、裏表紙に記載してあるので、この問題冊子を裏返して必ず読むこと。ただし、問題冊子を開いてはいけない。

試験問題は、つぎのページより始まります。

## 第Ⅰ問 (50点満点)

問題1の問ii, 問iiiについては、1つまたは2つの正解がある。答案用紙の所定の枠の中に、正解の番号を記入せよ。その他の問については、所定の枠の中に、0から9までの適当な数字を1枠に1つ記入せよ。

1 気体発生法に関するつきの記述ア～オを読み、下の間に答えよ。ただし発生した気体中に含まれる水蒸気は考慮しないものとする。

- ア. 亜硝酸アンモニウム水溶液を加熱する。
- イ. 塩化アンモニウムと水酸化カルシウムの混合物を加熱し、発生した気体をソーダ石灰に通す。
- ウ. 炭酸カルシウムに希塩酸を加える。
- エ. 硫化鉄(II)に希塩酸を加える。
- オ. 酸化マンガン(IV)に濃塩酸を加えて加熱し、発生した気体を水と濃硫酸に順次通す。

問i ア～オの气体発生法で得られる气体のうち、①無色のもの、および②特異臭や刺激臭など特有の臭いを有するものはそれぞれ何種類か。

問ii ア～オの气体発生法で得られる气体に関するつきの記述のうち、誤っているものはどれか。

1. 酸化作用を示す气体は、2種類である。
2. 单体の气体は、2種類である。
3. 水に溶かすと酸性の水溶液が得られる气体は、3種類である。
4. 水に溶かすと塩基性の水溶液が得られる气体は、1種類である。
5. 下方置換で捕集できる气体は、3種類である。

問iii アの方法で発生する気体Aに、ある気体Bを反応させると、イの方法で発生する気体Cが得られ、これら3つの気体の間で化学平衡に達する。AとBを物質量比1:2で混合し、容積と温度を一定に保ちながら反応させたところ、平衡状態における混合気体の全圧は $4.0 \times 10^5$  hPa、Cの分圧は $1.0 \times 10^5$  hPaとなった。つきの記述のうち、正しいものはどれか。なお、いずれの気体も理想気体としてふるまうものとする。また圧平衡定数とは、各成分の濃度の代わりに平衡状態における分圧を用いて表した平衡定数のことである。

1. Bは、過酸化水素の分解により得られる。
2. Bは、還元性を示す。
3. この反応での平衡定数( $K$ )と圧平衡定数( $K_p$ )の比 $\left(\frac{K}{K_p}\right)$ は、温度に正比例する。
4. 上記の反応条件で平衡に達した際のBの物質量は、反応開始時のBの物質量の $\frac{1}{2}$ 以下になる。
5. 反応開始時のAとBの混合気体の圧力は、 $5.0 \times 10^5$  hPaである。

2 金属アルミニウムは、ボーキサイトから酸化アルミニウム  $\text{Al}_2\text{O}_3$  をつくり、これを炭素電極で融解塩電解(溶融塩電解)することにより製造される。今、ボーキサイトがギブサイト  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  とベーマイト  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  および不純物である酸化鉄(Ⅲ)  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  のみからなるものとする。このボーキサイト 1200 g を水酸化ナトリウム水溶液中で加熱すると、ギブサイトとベーマイトはすべて溶解したが、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  は反応せずに沈殿し、その質量は 180 g であった。得られた水溶液から水酸化アルミニウム  $\text{Al}(\text{OH})_3$  を析出させ、これを加熱することによりすべての  $\text{Al}(\text{OH})_3$  を  $\text{Al}_2\text{O}_3$  とした。この  $\text{Al}_2\text{O}_3$  を融解した氷晶石に溶かし、約 1000 ℃において融解塩電解したところ、すべての  $\text{Al}_2\text{O}_3$  が陰極において金属アルミニウムとなった。このとき陽極では、陽極物質である炭素と酸化物イオンが反応し、一酸化炭素 3.00 mol と二酸化炭素 9.00 mol の混合気体が生成した。つぎの間に答えよ。ただし、融解した氷晶石は電極での反応には関与しないものとし、各元素の原子量は、H = 1, C = 12, O = 16, Al = 27, Fe = 56, ファラデー定数は 96500 C/mol とする。

問 i 上記の融解塩電解を 965 A の一定電流で行うと、すべての  $\text{Al}_2\text{O}_3$  を金属アルミニウムにするのに何分かかるか。解答は小数点以下第 1 位を四捨五入して、下の形式により示せ。

--	--

 分

問 ii 用いたボーキサイト中のギブサイトの割合は、質量パーセントでいくらか。解答は小数点以下第 1 位を四捨五入して、下の形式により示せ。

--	--

 %

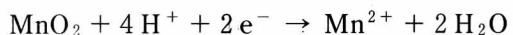
(下書き用紙)

## 第Ⅱ問 (50点満点)

問題3の問iiiについては、1つまたは2つの正解がある。答案用紙の所定の枠の中に、正解の番号を記入せよ。その他の問については、所定の枠の中に、0から9までの適当な数字を1枠に1つ記入せよ。

### 3 つぎの文を読み、下の間に答えよ。

酸化還元反応の量的関係を利用して、以下に記述する滴定実験により、軟マンガン鉱に含まれる酸化マンガン(IV)の定量を行った。【滴定①】は過マンガン酸カリウム水溶液Aの正確な濃度を決定するための実験であり、【滴定②】は酸化マンガン(IV)の定量を行うための実験である。本実験では、軟マンガン鉱に含まれる成分のうち、酸化還元に関与するのは酸化マンガン(IV)だけであると考え、その反応は



とする。

#### 【滴定①】

蒸留水30.0mLに2.00mol/Lの硫酸20.0mLと $2.00 \times 10^{-2}$ mol/Lのシュウ酸標準溶液50.0mLを加えた。80℃に温めたこの水溶液に、過マンガン酸カリウム水溶液Aを滴下したところ、25.0mL加えたときに過マンガン酸イオンの赤紫色が残って消えなくなった。

#### 【滴定②】

蒸留水30.0mLに2.00mol/Lの硫酸20.0mLと $2.00 \times 10^{-2}$ mol/Lのシュウ酸標準溶液50.0mLを加えた。80℃に温めたこの水溶液に、50.0mgの軟マンガン鉱を完全に溶解させた。この溶液に過マンガン酸カリウム水溶液Aを滴下したところ、14.0mL加えたときに過マンガン酸イオンの赤紫色が残って消えなくなった。

問 i 過マンガン酸カリウム水溶液Aのモル濃度はいくらか。解答は有効数字3桁目を四捨五入して、下の形式により示せ。

$$\boxed{\quad}.\boxed{\quad} \times 10^{-2} \text{ mol/L}$$

問 ii 軟マンガン鉱に含まれている酸化マンガン(IV)の割合は、質量パーセントでいくらか。解答は小数点以下第1位を四捨五入して、下の形式により示せ。ただし、各元素の原子量は、O = 16, Mn = 55 とする。

$$\boxed{\quad}\boxed{\quad}\% \quad$$

問 iii 上の滴定操作に関するつぎの記述のうち、正しいものはどれか。

1. 温めている水溶液から水が蒸発してシュウ酸の濃度が濃くなると、赤紫色が残って消えなくなるのに必要な過マンガン酸カリウム水溶液Aの滴下量は増加する。
2. 滴定により過マンガン酸カリウムとシュウ酸が反応すると、酸素が発生する。
3. デンプン水溶液を1～2滴加えることで、酸化還元反応にともなう色の変化をより正確に観察できる。
4. 【滴定①】では、硫酸の代わりに同量の純水を加えても、赤紫色が残って消えなくなるのに必要な過マンガン酸カリウム水溶液Aの滴下量に変化はない。
5. 【滴定②】では、シュウ酸に対して、過マンガン酸カリウムは酸化剤として働き、酸化マンガン(IV)は還元剤として働く。
6. 【滴定②】では、軟マンガン鉱に含まれる酸化マンガン(IV)の割合が低いほど、赤紫色が残って消えなくなるのに必要な過マンガン酸カリウム水溶液Aの滴下量は増加する。

**4** 加熱炉などに用いる燃料ガスは、使用する器具に適合した発熱量となる組成で調製された混合気体である。水素、メタン、エタン、プロパンおよびそれらの混合気体の燃焼熱と、燃焼により発生する二酸化炭素量に関するつぎの間に答えよ。ただし、水素、メタン、エタン、プロパンの燃焼熱は末尾の表に示す値であるものとする。なお、燃焼時には十分な量の酸素が供給され、完全燃焼するものとする。

**問 i** 水素とプロパンを物質量比 2 : 1 で混合した気体の燃焼熱はいくらか。解答は有効数字 3 衔目を四捨五入して、下の形式により示せ。

$$\boxed{\quad}.\boxed{\quad} \times 10^2 \text{ kJ/mol}$$

**問 ii** 水素、メタン、プロパンから 2 種類を混合してエタンと燃焼熱が等しい気体を調製する。この気体 1.000 mol の燃焼により発生する二酸化炭素の物質量の最小値はいくらか。解答は小数点以下第 3 位を四捨五入して、下の形式により示せ。

1.  $\boxed{\quad}\boxed{\quad}$  mol

**問 iii** 燃焼熱が 1000 kJ/mol の気体を、水素、メタン、エタン、プロパンから 2 種類以上を混合して調製する。この気体 1.000 mol の燃焼により発生する二酸化炭素の物質量が最小となる組成をモル分率で求めよ。解答は小数点以下第 3 位を四捨五入して、下の形式により示せ。ただし、含まれない気体成分がある場合には、その成分の解答欄に 00 を記入すること。

水 素

メタノン

エタノン

プロパン

0.  $\boxed{\quad}\boxed{\quad}$

0.  $\boxed{\quad}\boxed{\quad}$

0.  $\boxed{\quad}\boxed{\quad}$

0.  $\boxed{\quad}\boxed{\quad}$

水素、メタン、エタン、プロパンの燃焼熱

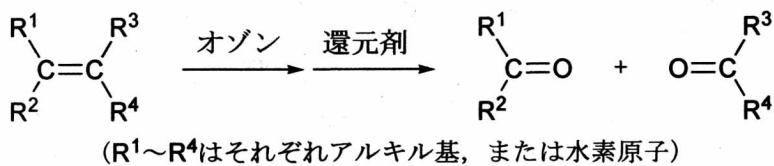
物質名(分子式)	燃焼熱(kJ/mol)
水素(H <sub>2</sub> )	285.0
メタン(CH <sub>4</sub> )	890.0
エタン(C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> )	1560
プロパン(C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> )	2220

### 第Ⅲ問 (50点満点)

問題 7A と 7B は、選択問題である。7A, 7B のうちから、どちらかを選択し、選択した問題に対する解答だけを、答案用紙の所定欄に記入すること。両方の問題に対する解答が記入されている場合には、どちらも採点しない。

問題 5 の問 i, 問題 7A の問 i については、1つまたは2つの正解がある。答案用紙の所定の枠の中に、正解の番号を記入せよ。問題 5 の問 iii, 問題 7A の問 ii, 問 iii については、指示にしたがって所定の枠の中に適切な構造、または記号を記せ。その他の問については、所定の枠の中に、0 から 9 までの適当な数字を 1 枠に 1 つ記入せよ。

5 化合物 A は分子式  $C_8H_{12}O_2$  で表されるエステルであり、炭素-炭素二重結合をもつ。この化合物 A を加水分解したところ、化合物 B のみが生成した。これにオゾンを作用させ、還元剤による処理(下式参照)を行うと、ヨードホルム反応を示す酸性化合物 C と銀鏡反応を示すアルコール D が得られた。



一方、化合物 B に触媒を用いて水素を付加させて化合物 E とした後、これを酸化したところ、不斉炭素原子をもたない 2 倍カルボン酸 F が得られた。つぎの間に答えよ。ただし、幾何異性体は考慮しないものとし、各元素の原子量は、H = 1, C = 12, O = 16 とする。

問 i 化合物Dと同一の分子式をもつ構造異性体のうち、炭素-炭素二重結合をもたない鎖状化合物に関するつきの記述で正しいものはどれか。ただし、化合物Dも含めて考えること。また、光学異性体は考慮しないものとする。

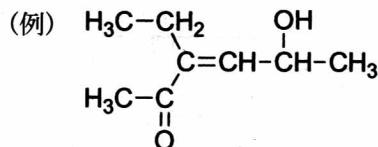
1. 酸性を示すものは1種類である。
2. 不斉炭素原子をもつものは2種類である。
3. エステルは3種類である。
4. ヨードホルム反応を示すものは4種類である。
5. 還元性を示すものは5種類である。

問 ii 28.0 g の化合物Aを用いて上の実験を行ったとき、化合物Cは何g得られるか。解答は小数点以下第1位を四捨五入して、下の形式により示せ。

--	--

 g

問 iii 化合物Bの構造を例にならって示せ。



6 つぎの文を読み、下の間に答えよ。ただし、各元素の原子量は、H = 1, C = 12, O = 16, Na = 23, Cl = 35.5 とし、また  $^{13}\text{C}$  の相対質量を 13 とする。

カルボキシリ基の炭素のみが  $^{13}\text{C}$  からできている酢酸がある。この酢酸のナトリウム塩 41.0 g と水酸化ナトリウム 24.0 g を混ぜて加熱し、無色無臭の化合物Aを(ア)得た。得られた化合物Aに 50.0 g の塩素を混合し、紫外線を当てて置換反応を行ったところ、塩素が消失し、Aが塩素化されたいいくつかの種類の化合物とともに(イ)塩化水素が生成した。

問 i 下線(ア)における、化合物Aの生成量は何 g か。解答は小数点以下第2位を四捨五入して、下の形式により示せ。

--	--	--	--

 g

問 ii 下線(イ)における、塩化水素の生成量は何 g か。解答は小数点以下第1位を四捨五入して、下の形式により示せ。

--	--

 g

(下書き用紙)

**7A, 7B** のうち 1 つを選択し、選択した問題に対する解答だけを答案用紙の所定欄に記入すること。両方の問題に対する解答が記入されている場合には、どちらも採点しない。

**7A** つぎの文を読み、下の間に答えよ。ただし、各元素の原子量は、H = 1, C = 12, N = 14, O = 16 とする。

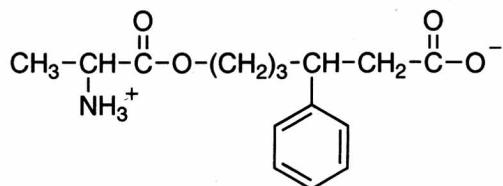
ある単純タンパク質の溶液に酵素を加えて加水分解した。この溶液をセロハンの袋に入れて水に浸しておいたときに袋の外に出てくる物質の中から、分子式  $C_{15}H_{23}N_3O_3$  の化合物 A を得た。化合物 A はビウレット反応による呈色を示さなかった。化合物 A に希硫酸を作用させると、化合物 B と化合物 C の 2 種類の化合物のみが得られ、それらはともにメチル基をもたない  $\alpha$ -アミノ酸であった。化合物 B は分子量が 150 以下であり、炭素、水素、窒素、および酸素を構成元素とし、それぞれの質量[%]組成は炭素 49.3 %, 水素 9.6 %, 窒素 19.2 %, 酸素 21.9 % であった。化合物 C は、タンパク質中でキサントプロテイン反応に関与するアミノ酸であった。化合物 C にメタノールを作用させると、化合物 D が生成した。化合物 C と化合物 D のあいだで脱水縮合によりアミド結合を形成させると、化合物 E が生成した。

**問 i** 上記の酵素として適切なものはどれか。番号で答えよ。

1. セルラーゼ
2. アミラーゼ
3. リパーゼ
4. ペプシン
5. カタラーゼ
6. チマーゼ

問ii 化合物Bについて、pH = 1 の水溶液中での主なイオンの構造および pH = 12 の水溶液中での主なイオンの構造をそれぞれ示せ。ただし、光学異性体は考慮しなくてよい。なお構造は例にならって示せ。

(例)



問iii 化合物A～Eについて、pH = 7 の水溶液を用いて電気泳動を行った場合、1つだけ明らかに移動する方向の異なる化合物があった。それはどれか。A～Eの記号で答えよ。

**7A, 7B** のうち 1 つを選択し、選択した問題に対する解答だけを答案用紙の所定欄に記入すること。両方の問題に対する解答が記入されている場合には、どちらも採点しない。

**7B** つきの文を読み、下の間に答えよ。ただし、各元素の原子量は、H = 1, C = 12, N = 14, O = 16, Br = 80 とする。

高分子Aはブタジエンとスチレンを共重合させたものである。この高分子A 1.00 g に十分な量の臭素を加えて反応させると、臭素 2.00 g が消費された。

一方、高分子Aに、触媒を用いて水素を付加すると高分子Bが生成した。この際、ベンゼン環は反応しなかった。高分子Bに濃硫酸と濃硝酸を加えて熱すると、ベンゼン環 1 個あたり平均 1 か所以上で二トロ化がおこり、高分子Cを生じた。高分子Cに濃塩酸とズズを作用させて還元した後、塩基を加えると高分子Dを生じ、これを無水酢酸と反応させると高分子Eを生じた。この一連の反応により、高分子A 16.0 g から高分子E 21.0 g が得られ、Eの平均分子量は  $2.10 \times 10^5$  であった。

**問 i** 高分子Aにおける、各構成単位の数の比はいくらか。解答は小数点以下第2位を四捨五入して、下の形式により示せ。

$$\text{ブタジエン構成単位 : スチレン構成単位} = \boxed{\quad} \cdot \boxed{\quad} : 1$$

**問 ii** 高分子E 1 分子あたりに含まれるアセチル基の平均の数はいくらか。解答は有効数字 2 術目を四捨五入して、下の形式により示せ。

$$\boxed{\quad} \times 10^{\boxed{\quad}} \text{ 個}$$

(下書き用紙)

化学の問題は大きな3つのグループ、**第I問**(問題1, 2)、**第II問**(問題3, 4)、**第III問**(問題5, 6, 7A, または7B)から構成されている。

**注意I** 体積の単位「リットル」はLで表す。

**注意II** 問題7Aと7Bは選択問題である。7A, 7Bのうちから、どちらかを選択し、選択した問題に対する解答だけを、答案用紙の所定欄に記入すること。両方の問題に対する解答が記入されている場合には、どちらも採点しない。

**注意III** 問題1の問ii, 問iii, 問題3の問iii, 問題5の問i, 問題7Aの問iについては、1つまたは2つの正解がある。答案用紙の所定の枠の中に、正解の番号を記入せよ。

解答例： 1 水はどんな元素からできているか。

1. 水素と窒素
2. 炭素と酸素
3. 水素と酸素
4. 窒素と酸素

1

1

3

3

または

	3

3	

解答例： 2 水を構成している元素は、つぎのうちどれか。

1. 水 素
2. 炭 素
3. 窒 素
4. 酸 素

2

2

1 4

4 1

1	4

または

4	1

**注意IV** 問題5の問iii, 問題7Aの問ii, 問iiiについては、指示にしたがって答案用紙の所定の枠の中に適切な構造、または記号を記せ。

**注意V** その他の問については、答案用紙の所定の枠の中に、0から9までの適当な数字を1枠に1つ記入せよ。

解答例： 5 ベンゼン分子は何個の炭素原子で構成されているか。

5

0	6
---	---

解答例： 6 つぎの間に答えよ。

問i 水分子には何個の水素原子が含まれているか。

問ii 水分子には何個の酸素原子が含まれているか。

i 6 ii

2 個 1 個