

平成23年度一般入学試験問題

理 科

(物理, 化学, 生物より2科目選択)

【注 意 事 項】

1. 試験開始の合図があるまでこの冊子を開いてはいけない。
2. 試験開始の合図があれば、受験番号を
 - a. 問題用紙（この冊子）の表紙
 - b. 答案用紙（別冊子）の表紙、および選択した2科目の答案用紙にある受験番号欄（生物を選択する場合は計7か所に、選択しない場合は計8か所になる）にはっきりと記入しなさい。
3. 問題用紙には、物理計4問、化学計3問、生物計4問の問題が、それぞれ物1～物7ページ、化1～化5ページ、生1～生10ページに記載されています。問題の脱落や印刷の汚れに気づいたときは、直ちに監督者に申し出なさい。
4. 解答を答案用紙の指定された場所に記入しなさい。
5. 問題用紙の空白ページを下書きに利用してもよい。
6. 問題をこの冊子から切り離してはいけない。
7. 問題用紙および答案用紙を持ち帰ってはいけない。

受験番号	
------	--

化 学

〔問1〕 次の文章を読み、設問 (1)～(7) に答えよ。設問 (2)～(i), (5) の解答は有効数字 2 桁で表すこと。原子量は $H=1.0$, $C=12$, $O=16$, $Mg=24$, $Ca=40$ とする。

カルシウムとマグネシウムはいずれも周期表 2 族に属する元素であるが、その化学的性質には違いが見られる。例えば、(a) カルシウムの単体は常温の水と反応するが、マグネシウムの単体は反応しない。 また、(b) それぞれの水酸化物の水に対する溶解度も異なる。

カルシウムとマグネシウムはともに地殻の構成元素である。地殻に存在するカルシウムの大部分は石灰石や大理石など炭酸カルシウムとして存在している。このことには、地球が 46 億年前に誕生してから ^{たど} 辿った環境の変化が関係している。現在の火星や金星のように、もともと地球の大気は二酸化炭素が大部分を占めていたが、地球では海が誕生し二酸化炭素は溶解していった。その後、(c) 地球の表面温度が低下することで、さらに大気中の二酸化炭素は減少した。 一方、海水中に取り込まれた二酸化炭素は炭酸イオンとなり、岩石から溶け出したカルシウムイオンと反応し、炭酸カルシウムとして海底に堆積していった。炭酸カルシウムの一部は地球内部まで取り込まれ、高熱のため塩基性酸化物の と酸性酸化物の に分解されたが、残りの大部分は地殻に蓄積し続け、地球は炭酸カルシウムの豊富な惑星になった。

現在、カルシウム化合物は多方面で利用されている。建築材料のセメントや漆喰の成分は炭酸カルシウムや消石灰であり、^{しっくい} 塑像や医療用ギブスなどに使われるセッコウは の水和物である。また、消石灰に塩素を吸収させて作られるさらし粉は漂白剤や殺菌剤などに利用されている。さらし粉 $CaCl(ClO) \cdot H_2O$ は塩化カルシウムと の複塩と考えられる。一方、 とコークス（石炭を乾留してつくった多孔質の炭素）を混ぜて電気炉で強熱すると得られる は有機合成原料として用いられている。さらに、カルシウム化合物には吸湿性をもつものも多く、乾燥剤や除湿剤として利用されている。

設 問

(1) ～ に適切な化学式を記入せよ。

(2) 下線部(a)に関する次の実験をおこなった。

＜実験＞ 6 個のビーカーに水を等量ずつはかり取り、各ビーカーに 5.0 g から 30 g まで 5.0 g きざみのカルシウムの単体を加えた。発生した気体と加えたカルシウムの質量の間に、図 1 で示す関係が得られた。なお、反応は完全に進行したものとする。

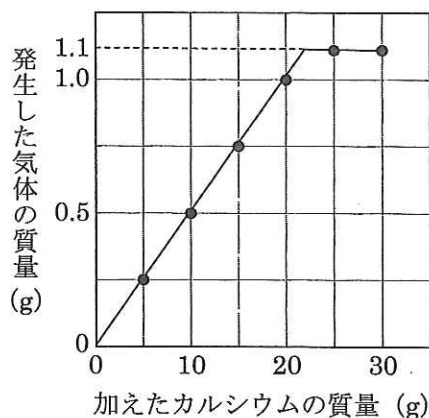
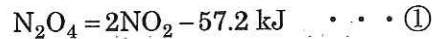


図 1

- (i) ビーカーにはかり取った水の質量を求めよ。
- (ii) 水 H_2O のかわりに、相対質量が 2.0 の水素原子からできている水 $^2\text{H}_2\text{O}$ を用いて、同様に実験をおこなった。発生する気体の質量はどう変化していくか、図 1 にならい解答用紙の図にグラフを書き込め。縦軸を発生した気体の質量、横軸を加えたカルシウムの質量として適当な数値を記入すること。ただし、用いた $^2\text{H}_2\text{O}$ の質量は問(i)の答えと同量とする。
- (3) 試験管に水を入れて、下線部(b)のうち溶解度が小さいほうを少量加えたが、溶けきらずに沈殿が残った。この試験管に塩を加えて沈殿を溶解させたい。次の中から最も適当な塩を選び、記号で答えよ。また、その理由を説明せよ。
- a. NH_4Cl b. CaCl_2 c. MgCl_2
d. $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ e. CH_3COONa
- (4) 下線部(c)について、その理由を説明せよ。
- (5) 石灰岩には炭酸カルシウムに炭酸マグネシウムが混入しているものがある。炭酸カルシウムと炭酸マグネシウムで構成されている石灰岩を高熱で完全に分解させたところ、残った固体の質量が元の石灰岩の 54.3 %に減少した。この石灰岩の炭酸カルシウム含有率（質量パーセント）を求めよ。計算の過程も示すこと。なお、炭酸マグネシウムを高熱で分解すると炭酸カルシウムと同様に塩基性酸化物と酸性酸化物が生成する。
- (6) に水を作用させて得られる気体 A について、次の中から誤っている記述を一つ選び、記号で答えよ。
- a. 気体 A は直線形の立体構造をしている。
b. 気体 A は特異臭のある淡青色の気体である。
c. 臭素水に気体 A を通じると赤褐色が消失する。
d. 過マンガン酸カリウム水溶液に気体 A を通じると赤紫色は消失する。
e. 気体 A は金属の溶接や切断用ガスに使用される。
- (7) 吸湿作用が と同様のはらたき方をする乾燥剤を次の中から一つ選び、記号で答えよ。
- a. シリカゲル b. 濃硫酸 c. 十酸化四リン
d. 炭酸ナトリウム e. 塩化カルシウム

[問2] 次の文章を読み、設問(1)~(5)に答えよ。設問(2)、(4)の解答は有効数字2桁で表し、計算の過程も示すこと。なお、気体はすべて理想気体とし、気体定数は $8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{l} / (\text{K} \cdot \text{mol})$ とする。

気体反応の場合には、モル濃度よりも圧力のほうが測定しやすいので、各成分気体の分圧を用いて平衡定数を表すことが多く、このような平衡定数を圧平衡定数 K_p という。例えば、四酸化二窒素(無色)が二酸化窒素(赤褐色)に可逆的に分解する反応、



の圧平衡定数 K_p は次式で表される。

$$K_p = \frac{(P_{\text{NO}_2})^2}{P_{\text{N}_2\text{O}_4}} \quad P_{\text{N}_2\text{O}_4}, P_{\text{NO}_2} \text{ はそれぞれ四酸化二窒素と二酸化窒素の分圧}$$

なお、圧平衡定数 K_p は温度が一定であれば一定の値を示す。

ある容器に四酸化二窒素を n (mol) 入れて反応①が平衡に達したとき、二酸化窒素に分解した四酸化二窒素の割合(解離度という)を α ($0 < \alpha < 1$) とすると、四酸化二窒素の物質量は (mol)、二酸化窒素の物質量は $2n\alpha$ (mol) となるので、四酸化二窒素と二酸化窒素をあわせた全物質量は (mol) となる。このとき、容器内の圧力を P (Pa) とすると、四酸化二窒素、二酸化窒素の分圧は α と P を用いてそれぞれ (Pa)、 (Pa) と表される。したがって、反応①の圧平衡定数 K_p は α と P を用いて、

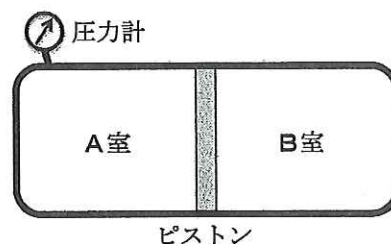
$$K_p = \text{オ} \text{ (Pa)} \quad \dots \textcircled{2}$$

と表される。さらに、容器内の体積が V (l)、温度が T (K) であれば、理想気体の状態方程式 $P = \text{イ} \times \frac{RT}{V}$ (Pa) を式②に代入することで式③が得られる。

$$K_p = \text{カ} \times \frac{RT}{V} \text{ (Pa)} \quad \dots \textcircled{3}$$

図1に示すような、ピストンで部屋が二つに仕切られている全内容積が 10 l (ピストンの体積は含まない) の容器がある。この容器は、滑らかに動くピストンによって圧力に応じて部屋の容積が変化する。まず、ピストンを中央で固定し、A室に四酸化二窒素を 0.80 mol、B室に二酸化窒素を n_{NO_2} (mol) 入れて容器全体を 27 °C に保ったところ、(a) A室内の圧力は 4.4×10^5 Pa で一定になった。次に、温度を 27 °C に保ったままピストンの固定をはずすと、ピストンは動き出したが、(b) A室の容積がB室の容積の 9 倍になるところで動かなくなった。

図1



設 問

- (1) ～ に適切な式を記入せよ。
- (2) 下線部(a)の状態における A 室内の四酸化二窒素の解離度を求めよ。
- (3) 下線部(b)の状態における A 室と B 室の四酸化二窒素の解離度をそれぞれ α_A , α_B とする。
- (i) α_A の値に最も近いものを次の中から選び、記号で答えよ。また、その計算過程を式③を用いて示せ。
- a. 0.070 b. 0.10 c. 0.13 d. 0.20
- (ii) α_A と α_B の関係はどうか、次の中から選び、記号で答えよ。また、その理由を説明せよ。
- a. $\alpha_A < \alpha_B$ b. $\alpha_A = \alpha_B$ c. $\alpha_A > \alpha_B$
- (4) 初めに B 室に入れた二酸化窒素の物質質量 n_{NO_2} (mol) を求めよ。
- (5) 下線部(b)の状態から容器全体の温度を上げた。
- (i) B 室内の混合気体の色はどう変化するか、次の中から選び、記号で答えよ。
- a. 濃くなる b. 変わらない c. 薄くなる
- (ii) ピストンはどうなるか、次の中から選び、記号で答えよ。
- a. A 室側に移動する
b. もとの位置にとどまる
c. B 室側に移動する

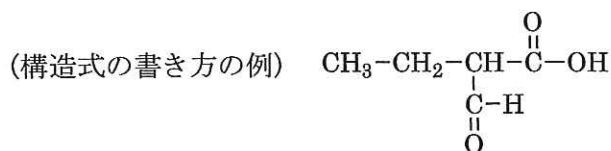
[問3] 次の文章を読み、設問(1)~(5)に答えよ。原子量はH=1.0, C=12, O=16とする。

化合物Aは炭素、水素、酸素のみからなるエステルである。化合物A 4.74 mg を完全燃焼させたところ、二酸化炭素 9.46 mg と水 3.96 mg が生じた。また、化合物Aに(a)水酸化ナトリウム水溶液を加え、穏やかに加熱して均一の水溶液にした後、塩酸で中和したところ、分子量 60 の化合物Bと、不飽和結合をもたない一価のアルコールCが得られた。化合物Bは刺激臭をもつ無色の液体で融点は 17 °Cであった。アルコールCに濃硫酸を加えて160~170 °Cに加熱すると、炭素、水素のみからなる化合物Dが得られた。化合物D 125 mg に触媒を用いて水素を付加させると、標準状態で 100 ml の水素が吸収された。

一方、化合物Eは化合物Aと同じ分子式をもつエステルである。化合物Eに下線部(a)と同様の操作を行ったところ、化合物Fと還元性を示す化合物Gが得られた。(b)化合物Fを希硫酸溶液中で二クロム酸カリウムと反応させると、化合物Hが生成した。化合物F, Hの水溶液にそれぞれヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えて温めると、いずれの場合も特有のにおいをもつ(c)黄色結晶が生じた。

設 問

- (1) 化合物Aの組成式を書け。
- (2) 化合物Aの分子量を求めよ。解答は有効数字2桁で示し、計算の過程も示すこと。
- (3) 下線部(b)の反応と同種の反応がおこる操作を次の中から一つ選び、記号で答えよ。
 - a. リン酸を触媒に用いて、エチレンに水蒸気を作用させる。
 - b. メタノールの蒸気に十分加熱した銅線を入れる。
 - c. ナトリウムフェノキシド水溶液に塩酸を加える。
 - d. アニリンを希塩酸に溶かし亜硝酸ナトリウム水溶液を加える。
 - e. サリチル酸とメタノールの混合物に少量の濃硫酸を加えて加熱する。
- (4) 下線部(c)の化合物の名称と化学式を書け。
- (5) 化合物B, C, F, G, Hの構造を下の例にならって書け。



平成 23 年度

化学答案用紙 (1)

- 注意
1. 答案用紙 (1), (2), (3) の受験番号欄に受験番号を記入しなさい。
 2. 問題の解答を, 答案用紙の指定された場所に記入しなさい。
 3. 指定された場所以外に解答を記入した場合は, その解答を無効とする。

受験番号	
------	--

〔問 1〕 (必要なら, 下の空白部分を計算, 下書き等に使いなさい。)

	ア	イ	ウ	エ	オ																																			
(1)																																								
(2)	i																																							
	ii	<table border="1" style="width: 100%; height: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>																																						
(3)	記号 _____ 理由 _____																																							

(必要なら, 下の空白部分を計算, 下書き等に使いなさい。)

(4)	
(5)	<u>答</u> <u>計算</u>
(6)	
(7)	

(この線から下には, 何も記入してはならない)

得点	1
----	---

受験番号

[問 2] (必要なら, 下の空白部分を計算, 下書き等に使いなさい。)

(1)	ア	イ	ウ
	エ	オ	カ
(2)	答 _____ 計算 _____		
(3) (i)	記号 _____ 計算 _____		

(必要なら、下の空白部分を計算、下書き等に使いなさい。)

(3)	(ii)	記号 _____		
		理由 _____		
(4)	答 _____			
	計算 _____			
(5)	(i)		(ii)	

(この線から下には、何も記入してはならない)

得点	2
----	---

受験番号	
------	--

[問 3] (必要なら, 下の空白部分を計算, 下書き等に使いなさい。)

(1)	
(2)	<u>答</u> <u>計算</u>
(3)	

(必要なら，下の空白部分を計算，下書き等に使いなさい。)

(4)	<u>名称</u>	<u>化学式</u>	
(5)	B	C	F
	G	H	

(この線から下には，何も記入してはならない)

得点	3
----	---

1	2	3	計	