

## 化学

以下の5問(III-1, III-2, III-3, III-4, III-5)のうち4問を選択して解答せよ。

### 1 (選択)

下記の問題1, 問題2をすべて答えよ。

問題1 以下の文章は鉄, マンガン, アルミニウム, 銅の酸化物と水酸化物について述べたものである。文章を読み, 問1から問4に解答せよ。

鉄原子の酸化数は+2と+3の2種類があるが, 酸化物は3種類ある。それらは( ), ( ),  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ である。一方, 水酸化物には( )と( )の2種類がある。いずれも水には難溶性であるが, 酸にはよく溶ける。遷移元素であるマンガンには<sup>(1)</sup>多数の酸化物があり, 酸化数が+2, +3のものは酸に容易に溶ける。マンガンの水酸化物には酸化数が+2, +3, +4のものが存在する。いずれも水に難溶性であるが, 酸と反応して塩を生じる。アルミニウムの酸化物である( )は自然界にコランダム(鋼玉)として産する。コランダムに, 酸化物である( )が不純物として含まれたものはルビーと呼ばれ, 酸化物である( )が不純物として含まれたものはサファイヤと呼ばれ, 宝石として珍重されている。銅を空气中で加熱すると銅の表面に容易に酸化物が生成する。この<sup>(2)</sup>酸化物は希硫酸と反応して溶解するので, 希硫酸によって表面の銅酸化物を除くことができる。また, <sup>(3)</sup>還元反応により銅酸化物の酸素だけを除くこともできる。

問1 ( ) ~ ( )にあてはまる化学式を答えよ。

問2 下線部(1)の酸化物のうち, 酸化数が+4, +6, +7の酸化物の化学式を答えよ。

問3 下線部(2)の化学反応式を答えよ。

問4 下線部(3)の具体的な一例をあげ, 化学式も示して説明せよ。

問題 2 次の表はいろいろな塩の水に対する溶解性を示したものである。○は可溶，  
 △はわずかに可溶，×は不溶，◇は水で分解することを示している。空欄  
 (a)～(t)は ○，×，◇のいずれであるか解答せよ。

塩の水に対する溶解性一覧表

(○は可溶，△はわずかに可溶，×は不溶，◇は水で分解，◇は存在しない塩)

	塩化物	硫酸塩	亜硫酸塩	硝酸塩	リン酸塩	炭酸塩	ケイ酸塩
アルカリ金属		(d)				(j)	
アンモニウム						(k)	-
マグネシウム		(e)			(g)	(l)	(r)
カルシウム					(h)	(m)	(s)
バリウム		(f)			(i)	(n)	(t)
マンガン			×		×	(o)	×
鉄 ( )			×		×	(p)	×
鉄 ( )	(a)		×		×	(q)	×
銅	(b)		×		×	×	×
銀	(c)				×	×	-
亜鉛			×		×	×	×
水銀 ( )	×	×	×		×	×	-
水銀 ( )			×		×	×	-
アルミニウム					×		×
鉛		×	×		×	×	×

## 2 (選択)

下記の問題 1, 問題 2, 問題 3 をすべて答えよ.

問題 1 次の化合物の構造式を書け.

- 1) 1, 2, 5-pentanetricarboxylic acid (1, 2, 5 ペンタントリカルボン酸)
- 2) phthalic anhydride (無水フタル酸)
- 3) hexanedioic acid (ヘキサン二酸)
- 4) 2, 4-cyclohexadienone (2, 4 シクロヘキサジエノン)

問題 2 エタノールとフェノールを次の試薬で作用させたときの反応の違いを比較して述べよ.

- 1) 水酸化ナトリウム
- 2) 二クロム酸カリウム

問題 3 2, 3-butanediol (2, 3 ブタンジオール) について, 次の問 1~問 2 を答えよ.

問 1 2, 3-butanediol の立体異性体はいくつあるか答えよ. また, すべての異性体を Fischer 投影式で示せ.

問 2 メソ体を Newman 投影式で示せ.

### 3 (選択)

大気中に放出された一酸化窒素(NO)は酸化され、二酸化窒素(NO<sub>2</sub>)を經由して硝酸(HNO<sub>3</sub>)となり、雨水に溶解して地表に降りそそぐ。気体はすべて理想気体とし、気体定数は 8.31 J/K mol、温度は 300 K、気圧は 1 気圧(101.3 kPa)を仮定して以下の問いに答えよ。

- 問 1 大気中の二酸化窒素の混合比を測定したところ、体積比で  $2.5 \times 10^{-8}$  であった。このとき大気  $1 \text{ m}^3$  に含まれる二酸化窒素のモル数を有効数字 2 桁で求めよ。
- 問 2 上記大気  $1 \text{ m}^3$  中の二酸化窒素が完全に酸化し、生じた硝酸が  $1 \times 10^{-6} \text{ m}^3$  の雨水にすべて溶解したとき、その雨水の pH を計算せよ。なお、硝酸は水中で完全に解離するとみなせる。また大気中のアンモニア、二酸化炭素や二酸化硫黄など他の化学成分の影響は無視できるものとする。
- 問 3 この酸性雨  $1 \times 10^{-6} \text{ m}^3$  に 0.01 N の水酸化ナトリウム水溶液を加えて中和する場合、必要な量は何  $\text{m}^3$  か求めよ。
- 問 4 実際の雨水は硝酸イオン以外に塩化物イオンや硫酸イオン、ナトリウムイオンなどを含む多成分の混合物である。雨水中の硝酸イオンの濃度を定量するにはどうすれば良いか。方法を一つ挙げ具体的に説明せよ。

#### 4 (選択)

下記の問題 1, 問題 2, 問題 3, 問題 4, 問題 5, 問題 6 をすべて答えよ。

- 問題 1 硝酸ナトリウム ( $\text{NaNO}_3$ ) の溶解度は温度が高くなると大きくなる。硝酸ナトリウムが溶解する反応は発熱反応か, 吸熱反応か。
- 問題 2 塩化アンモニウム ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) を高温にしたところアンモニア ( $\text{NH}_3$ ) と塩化水素 ( $\text{HCl}$ ) に分解した。そこで再び低温にすると塩化アンモニウムが再生成した。この塩化アンモニウムの分解反応は発熱反応か, 吸熱反応か。
- 問題 3 水酸化銅 ( $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ) に水に加えて攪拌したところ, 一部が溶解して電離した。この水溶液に硫酸を加えると水酸化銅の溶解量は増加するか, 減少するか, 変化しないか。
- 問題 4 密閉容器中の高温のコークス ( $\text{C}$ ) に水蒸気を吹き込むと, 一酸化炭素 ( $\text{CO}$ ) と水素 ( $\text{H}_2$ ) が生成した。この反応容器を圧縮して内容積を小さくして (= 反応系の圧力を大きくして) 同じ反応を起こさせた場合, 一酸化炭素の生成量は増加するか, 減少するか, 変化しないか。
- 問題 5 弱酸である酢酸 ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) が溶解した水溶液がある。この水溶液を純水で希釈すると, 酢酸の電離度は増加するか, 減少するか, 変化しないか。理由 (100 字程度) とともに記せ。
- 問題 6 同体積の液相 (炭酸水素ナトリウム水溶液) と気相 (空気) が密閉容器中に封入されており, 液相は炭酸水素ナトリウム ( $\text{NaHCO}_3$ ) に飽和していて, 系は平衡に達していたとする。この水溶液に濃塩酸を少量添加して液相の pH を 1 まで下げたとすると, 気相の全圧は増加するか, 減少するか, 変化しないか。理由 (100 字程度) とともに記せ。

5 (選択)

ある気体分子 A が分解して B に変化する不可逆反応があり，この反応の反応速度は分子 A の濃度に比例する． $0.1 \text{ mol/m}^3$  の気体分子 A が  $0.05 \text{ mol/m}^3$  になるのに要する時間を計測したところちょうど 2 時間であった．以下の各問いに答えよ．但し  $\ln 2 = 0.69$  とする．

- 問 1 この分解反応の速度定数  $k$  を求めよ．
- 問 2 気体分子 A の濃度が  $0.50 \text{ mol/m}^3$  のとき，および  $0.10 \text{ mol/m}^3$  のときのそれぞれの場合について，気体分子 A の 1 分あたりの分解速度を求めよ．
- 問 3 気体分子 A の初期濃度が  $0.50 \text{ mol/m}^3$  のとき，および  $0.10 \text{ mol/m}^3$  のときのそれぞれの場合について，50 % になるまで分解するのに要する時間を求めよ．