

2011 年度 入学 試験 問題

化 学

(試験時間 13:15~14:45 90分)

1. この問題は、入学願書提出時に選択した科目の問題です。科目名を確認のうえ、解答してください。
2. 解答用紙は、記述解答用紙とマーク解答用紙の2種類がありますので注意してください。
3. 解答は、必ず解答欄に記入してください。なお、解答欄以外に書くと無効となりますので注意してください。
4. 解答は、HBの鉛筆またはシャープペンシルを使用し、訂正する場合は、プラスチック製の消しゴムを使用してください。特に、マーク解答用紙には鉛筆のあとや消しくずを残さないでください。また、折りまげたり、汚したりしないでください。記述解答用紙の下敷きにマーク解答用紙を使用することは絶対にさけてください。
5. 解答用紙には、受験番号と氏名を必ず記入してください。
6. マーク解答用紙の受験番号および受験番号のマーク記入は、電算処理上非常に重要なので、誤記のないよう特に注意してください。

問題 I, II の解答は、マーク解答用紙の指定された欄にマークしなさい。問題 III, IV, V の解答は、記述解答用紙の解答欄に書きなさい。必要な場合は、次の値を用いなさい。

原子量：H = 1.0, C = 12, N = 14, O = 16, S = 32, Cl = 35.5

気体定数： $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$

アボガドロ定数： $N_A = 6.02 \times 10^{23} / \text{mol}$

I 以下の問い(1)~(5)の解答は、それぞれの解答群のどれに該当するか。番号を選んでマークしなさい。(20点)

(1) 96%硫酸の密度は 1.84 g/cm^3 である。この硫酸と純水を用いて濃度 0.10 mol/L の硫酸 200 cm^3 をつくる時、96%硫酸は何 cm^3 必要か。解答群から、最も適切なものを1つ選びなさい。

[解答群]

- | | | | |
|-----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|
| ① 0.28 cm^3 | ② 0.55 cm^3 | ③ 1.1 cm^3 | ④ 1.7 cm^3 |
| ⑤ 2.2 cm^3 | ⑥ 2.8 cm^3 | ⑦ 3.3 cm^3 | ⑧ 4.5 cm^3 |

(2) 染料に関する以下の記述(a)~(c)の正誤について、ふさわしい組み合わせを、以下の解答群から1つ選びなさい。

(a) 青色に染めた布は、白色光のうちの青色の波長の光を吸収している。

(b) インジゴは水に不溶であるが、塩基性条件で還元すると水溶性になる。

(c) メチルオレンジは、分子中にアゾ基をもつ。

[解答群]

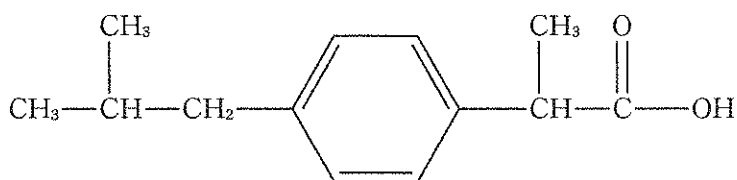
	(a)	(b)	(c)
①	正	正	正
②	正	正	誤
③	正	誤	正
④	正	誤	誤
⑤	誤	正	正
⑥	誤	正	誤
⑦	誤	誤	正
⑧	誤	誤	誤

- (3) 以下の気体発生法のうち、最も分子量の大きな気体を発生させる操作はどれか。
解答群から1つ選びなさい。

[解答群]

- ① 塩化ナトリウムに濃硫酸を加えて加熱する。
- ② 炭酸ナトリウムに希塩酸を加える。
- ③ 亜硫酸水素ナトリウムに希硫酸を加える。
- ④ 塩化アンモニウムに水酸化カルシウムを加えて加熱する。
- ⑤ 酸化マンガン(IV)に濃塩酸を加えて加熱する。
- ⑥ 酸化マンガン(IV)に過酸化水素の水溶液を加える。

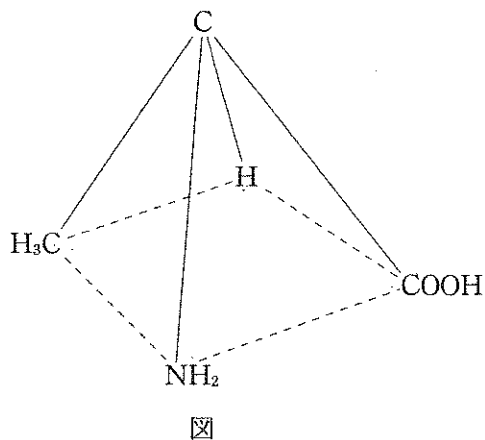
(4) 下の図に示した、解熱鎮痛剤であるイブプロフェン ($C_{13}H_{18}O_2$, 分子量 206) を含む風邪薬がある。この風邪薬 1.0 g 中に含まれるイブプロフェンの量を調べるために以下の実験を行った。風邪薬 1.0 g を乳鉢でよくすりつぶし、これに濃度 0.50 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液 10 mL を入れ、よくかき混ぜた。フェノールフタレインを指示薬として用い、この溶液を濃度 0.10 mol/L の希硫酸で中和滴定したところ、15 mL の希硫酸を滴下したところで赤色が消えた。イブプロフェンの含有量として最もふさわしいものを、以下の解答群から 1 つ選びなさい。なお、この風邪薬に含まれるイブプロフェン以外の物質は、滴定には無関係とする。



[解答群]

- | | | | |
|-----------|-----------|-----------|-----------|
| ① 約 0.1 g | ② 約 0.2 g | ③ 約 0.3 g | ④ 約 0.4 g |
| ⑤ 約 0.5 g | ⑥ 約 0.6 g | ⑦ 約 0.7 g | ⑧ 約 0.8 g |

- (5) もしも、アラニンの不斉炭素が下の図に示すように正四角錐の頂点に位置するとしたら、アラニンの立体異性体は図の構造を含めていくつ存在するか。以下の解答群から1つ選びなさい。



[解答群]

- | | | | |
|-----|-----|-----|-----|
| ① 1 | ② 2 | ③ 3 | ④ 4 |
| ⑤ 5 | ⑥ 6 | ⑦ 7 | ⑧ 8 |

II 以下の問い(1)~(3)の解答は、それぞれの解答群のどれに該当するか。番号を選んでマークしなさい。(15点)

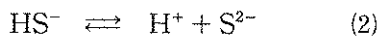
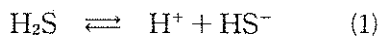
(1) 以下の ~ に当てはまる適切な語句を解答群から1つずつ選びなさい。

- 液体から固体になる現象を という。
- 固体から直接気体になる現象を という。
- 気体から液体になる現象を という。
- 水酸化鉄(III)のコロイド溶液に少量の硫酸ナトリウムなどの電解質を加えると、水酸化鉄(III)の沈殿が生じる。このような現象を という。
- デンプン水溶液は、少量の電解質を加えても沈殿しない。しかし、デンプン水溶液に多量の電解質を加えると、デンプンの沈殿が生じる。このような現象を という。

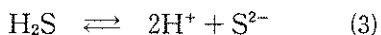
[解答群]

- | | | | |
|------|------|------|------|
| ① 蒸発 | ② 塩析 | ③ 凝固 | ④ 凝析 |
| ⑤ 凝縮 | ⑥ 昇華 | ⑦ 融解 | ⑧ 透析 |

(2) 硫化水素は次式のように2段階に電離する。



反応(1), (2)の電離定数 K_1 , K_2 はそれぞれ $1.0 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$, $1.0 \times 10^{-14} \text{ mol/L}$ である。式(1)と式(2)の反応を組み合わせると



となるが、この反応(3)の電離定数 K は、 K_1 と K_2 を用いて次のように表される。

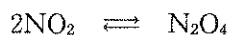
$$K = K_1 \times K_2$$

常温・常圧で、硫化水素を水に飽和するまで溶解させると、水溶液中の硫化水素濃度 $[\text{H}_2\text{S}]$ は水素イオン濃度に関係なく 0.10 mol/L となる。濃度 0.01 mol/L の塩酸に硫化水素を十分に吹き込むと硫化物イオン濃度 $[\text{S}^{2-}]$ は何 mol/L となるか。解答群から1つ選びなさい。

[解答群]

- | | | |
|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| ① $1.0 \times 10^{-11} \text{ mol/L}$ | ② $1.0 \times 10^{-12} \text{ mol/L}$ | ③ $1.0 \times 10^{-13} \text{ mol/L}$ |
| ④ $1.0 \times 10^{-14} \text{ mol/L}$ | ⑤ $1.0 \times 10^{-15} \text{ mol/L}$ | ⑥ $1.0 \times 10^{-16} \text{ mol/L}$ |
| ⑦ $1.0 \times 10^{-17} \text{ mol/L}$ | ⑧ $1.0 \times 10^{-18} \text{ mol/L}$ | |

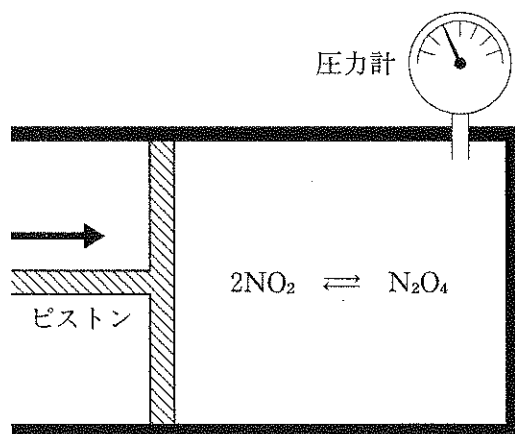
(3) 気体の NO_2 を容器内で圧縮すると、一部が



の反応により、分子量が2倍の別の気体 N_2O_4 となり、分子の数が減少することが分かっている。いま、下図に示した反応容器に 1.00 mol の気体 NO_2 が入っていたとする。最初は圧力が P 、体積は V であり、このとき N_2O_4 は生じていなかったものとする。外から容器に圧力を加えて気体の体積を $\frac{1}{5}V$ まで小さくしたとき、内部の気体の全圧は $\frac{9}{2}P$ になったとする。このとき、容器内には何 mol の N_2O_4 が生じているか。該当するものを解答群から1つ選びなさい。温度は一定で、気体はすべて理想気体である。

[解答群]

- ① 0.025 mol ② 0.05 mol ③ 0.10 mol ④ 0.125 mol
 ⑤ 0.20 mol ⑥ 0.25 mol ⑦ 0.33 mol ⑧ 0.40 mol



図

III 高校生の太郎君のお父さんはC県にあるガス会社で天然ガスを採取しています。以下の二人の会話の ~ の部分に入る正しい数値または化学反応式を書きなさい。数値は有効数字2桁で求めなさい。(25点)

太郎 「天然ガスを井戸から掘るってどうやるの。」

父 「地下水をくみ上げると、その中に溶けていたメタンが気体になって自然に分離してくるのだよ。C県の天然ガスは微生物が作ったものだと考えられていて、エタンやプロパンなどはほとんど含まれない。温度が20°Cのとき、ポンプでくみ上げた地下水を水とガスに分けると、水1.0L(純水と考える)に対して、ほとんど純粋なメタンが圧力 1.0×10^5 Paの気体として25Lくらい得られるよ。」

太郎 「メタンは水に溶けないと思っていたけれど...。」

父 「ヘンリーの法則は習っただろう。20°Cにおいてメタンの分圧が 1.0×10^5 Paのとき、1.0Lの水に対してメタンは 1.5×10^{-3} molしか溶けない。でも、分圧が高ければそれに比例して溶ける量は増えるのさ。地下の温度はわからないけれど、仮に地上と同じ20°Cだったとして考えると、地下でメタンの分圧が Paであれば先ほどの数値は説明できるよ。まあ、地下水と言っても本当は塩類が溶けているから純粋な水とは違うし、ヘンリーの法則も高い圧力まで正確に成り立つかわからないから、かなり大ざっぱな計算だけれどね。」

太郎 「そうか、意外に多く溶けることができるんだね。地下では圧力が高い状態でメタン1分子を溶かすのに... (計算に時間がかかっている)... 水分子は 個必要だということになるね。」

父 「温度を0°Cに下げて水とメタンガスに 3.0×10^6 Paくらいの圧力をかけると、メタンハイドレートという固体ができる。構造はこの図(次ページの図を参照)のようになる。言ってみれば氷のつくるかごの中にメタン分子を格納する形になるんだよ。日本の近海でも海の底にメタンハイドレートがたくさんあることがわかっている。これを採取して地上に持ってきて、20°Cで 1.0×10^5 Paの圧力にして水とガスに分けると、水1000 kgに対して154 kgのメタンが気

体として得られると言われているよ。」

太郎 「数字が大きいと実感がわかないよ。メタン1分子を格納するのに必要な水分子の数を計算すると...、ええと、...水分子は (3) 個でいいことになるね。さっきの計算結果と比べると、今度はずいぶんうまく詰め込まれているね。」

父 「メタンを気体ではなく固体にできるから場所もあまりとらなくて、貯蔵しておくには便利かも知れないね。」

太郎 「メタンのいいところって何かな。」

父 「メタンは炭素原子1個に対して水素原子が4個結合しているだろう。水素の割合がガソリンに比べて多いから、燃料として使ったとき二酸化炭素の発生量はわりに少ないんだ。メタンを燃焼させるとき、 890 kJ/mol の熱が発生する。ガソリンの成分の代表としてトルエンを例にとると、燃焼の化学反応式は (4) であって、このとき 3910 kJ/mol の熱が発生する。同じ 1 mol の二酸化炭素の発生にともなって生み出される熱を比較すると... (やはり時間がかかる)...メタンの燃焼ではトルエンの燃焼の (5) 倍の熱が生み出されることになるよ。」

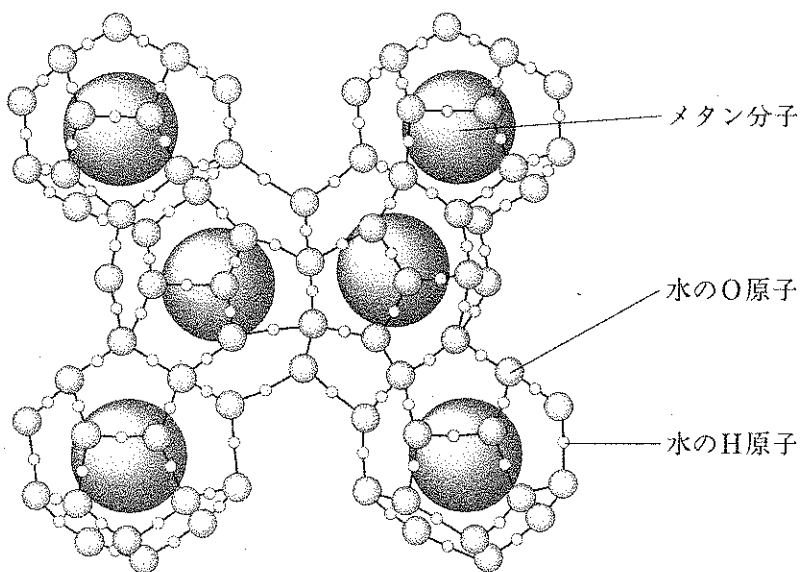
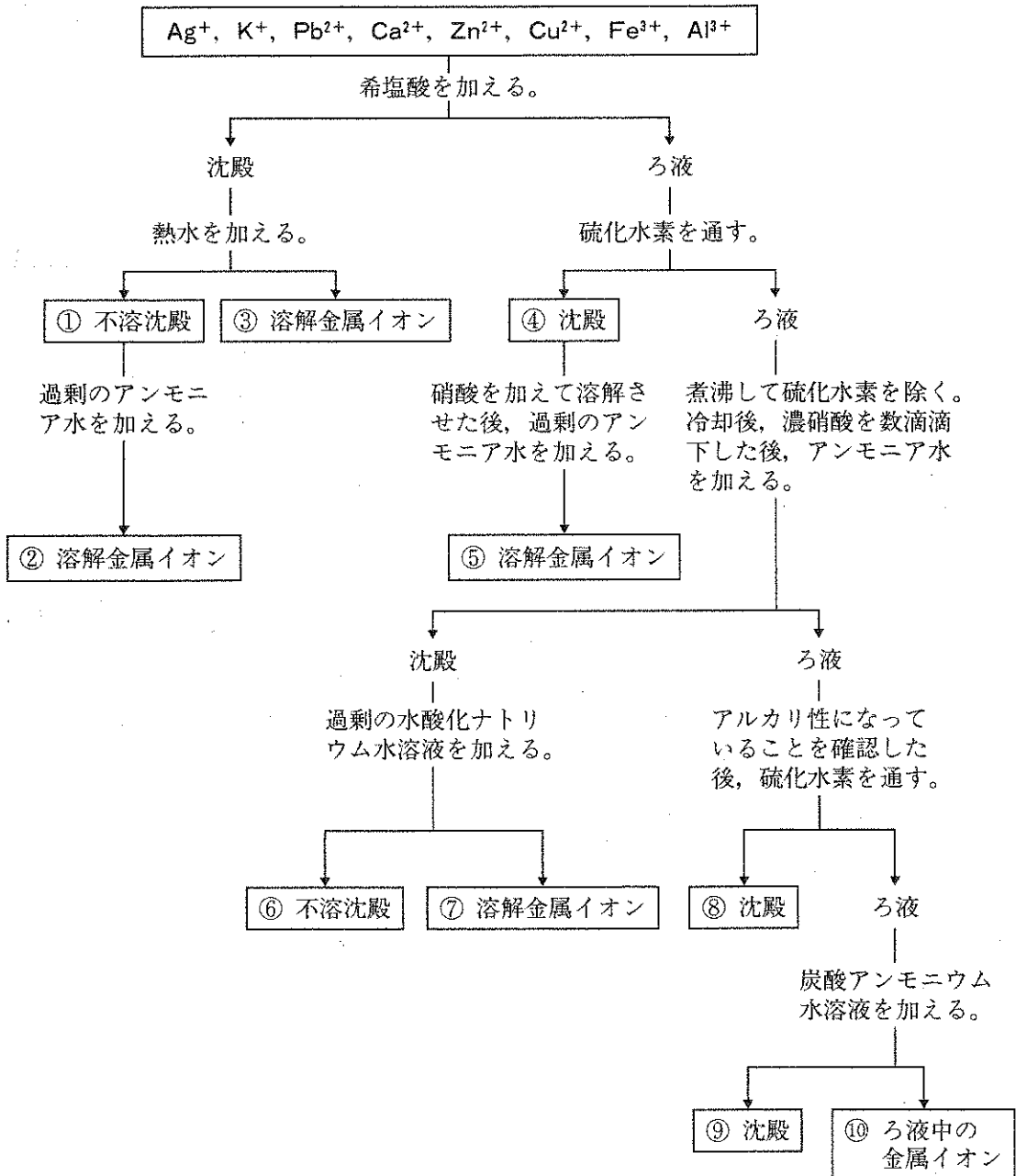


図 メタンハイドレートの構造

IV Ag^+ , K^+ , Pb^{2+} , Ca^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} , Fe^{3+} , Al^{3+} のイオンを同じ濃度で含む水溶液がある。下図は、各イオンを分離する操作である。①～⑩に入る主な沈殿またはイオンを1つずつ化学式で書きなさい。(20点)



V 次の先生と生徒の会話を読み、問い(1)~(5)に答えなさい。(20点)

先生 「ここに、有機化合物A, B, C, Dそれぞれが入った4つのビンがあり、いずれも $C_8H_8O_2$ の分子式が書かれたラベルが貼られています。」

生徒 「常温で、化合物AとBは固体で、化合物CとDは液体ですね。」

先生 「はい。では、適当な試薬を用いて、それらの反応を観察することで、これらの化合物の構造を推定してゆきましょう。化合物A, B, Cはベンゼンの二置換体で、化合物Dはベンゼンの一置換体です。化合物A, B, Cはベンゼン環の1つの水素を塩素で置き換えると、いずれも構造異性体が2種類できます。」

先生 「では最初に、化合物A, B, C, Dを少量ずつ、炭酸水素ナトリウムの水溶液に加えてみてください。」

生徒 「化合物Aは気体を発生しながら、水溶液に溶けてゆきますよ。化合物B, C, Dについては、変化は見られません。」

先生 「気体は何かわかりますか。」

生徒 「気体は です。この結果と与えられたヒントから、化合物Aの構造はわかりました。」

先生 「では次に、試験管に化合物B, C, Dを、それぞれとり、メタノールに溶解させ、ここに塩化鉄(III)の水溶液を加えてみましょう。」

生徒 「化合物Bだけが紫色になりました。」

先生 「この結果より、化合物Bはどのような化合物か推定してください。」

生徒 「化合物Bは 類です。」

先生 「はい、良くできました。3本の試験管にアンモニア性硝酸銀水溶液をとり、それぞれの試験管に、化合物B, C, Dを加えて加熱してみてください。」

生徒 「化合物Cだけに、銀鏡反応が観察されました。」

先生 「この結果から考えると、化合物Cにある官能基は何でしょうか。」

生徒 「化合物Cには 基があります。」

先生 「はい、その通りです。次に、3本の試験管に、化合物B, C, Dを少量ずつとって、ヨウ素と水酸化ナトリウムの水溶液を加えて加熱してみましょう。」

生徒 「化合物Bでは黄色の沈殿が生成しましたが、化合物CとDには変化がありません。」

先生 「黄色の沈殿は何かわかりますか。」

生徒 「黄色の沈殿は (エ) です。」

先生 「以上の結果から、化合物BとCの構造は決定できますか。」

生徒 「化合物Bは決定できました。しかし、化合物Cには、まだ、いくつか可能な化合物が存在します。」

先生 「そうですね。化合物Cを少量、試験管にとり、ここにナトリウム金属の薄片を、注意しながら加えてみましょう。変化はありますか。」

生徒 「変化はありません。」

先生 「そうですね。化合物Cは、エステルではないことを教えましょう。これでわかりましたね。」

生徒 「はい、わかりました。」

先生 「では、最後に残った化合物Dの構造を決定しましょう。これまでの結果から、可能性のある化合物は絞られていますよ。」

生徒 「そうですね。これを少量、試験管にとり、水酸化ナトリウムの水溶液を加えて加熱してみます。」

先生 「しばらく加熱を続け、冷却してから塩酸を加えて、溶液を酸性にしてください。」

生徒 「白い沈殿が生じました。これをろ過し、少量をメタノールに溶かして、塩化鉄(III)の水溶液を加えてみます。変化はありません。」

先生 「白い沈殿を炭酸水素ナトリウムの水溶液に入れてみてください。気体が発生しますね。」

生徒 「はい、気体は (ア) ですね。これで、化合物Dの構造式がわかりました。」

問い

- (1) に相当する化合物の化学式を書きなさい。
- (2) に相当する化合物の種類名を書きなさい。
- (3) に相当する官能基名を書きなさい。
- (4) に相当する化合物の化学式を書きなさい。
- (5) 化合物A, B, C, Dに対して, 最もふさわしい構造式を下の図にならって描きなさい。

