

平成 17 (2005) 年度

慶應義塾大学入学試験問題

医 学 部

理 科

- 注 意
1. 受験番号と氏名を解答用紙に必ず記入してください。
  2. 受験番号は、所定欄のわく内に一字一字記入してください。
  3. 解答は、必ず解答用紙の所定の欄に記入してください。
  4. 問題用紙の余白は計算および下書き用です。
  5. この冊子の総ページ数は 24 ページです。試験開始の合図とともにすべてのページが揃っているか確認してください。ページが抜けていたり重複していたら直ちに監督者に申し出てください。

# 化学

解答は解答用紙の所定の欄に記入すること。

濃度を表記する記号としては [ ] を用いよ (例えば, 化合物 A の濃度は [A] と記す)。また, 必要であれば, 次の値を用いよ:  $\log_{10}2 = 0.301$ ,  $\log_{10}3 = 0.477$ ,  $\log_{10}7 = 0.845$ 。

I 次の文を読み, 問いに答えよ。

いずれも  $0.01 \text{ mol/l}$  の鉛, 銅, 亜鉛のそれぞれの 2 価の陽イオンを含む水溶液 (I) がある。まず, 溶液 (I) に希塩酸を加えて湯浴で温めながら, 時々振った。この溶液を流水で充分冷却すると沈澱が生じたので, ろ過した (このときのろ液を溶液 (II) とする)。ろ別した沈澱を熱水で溶解し, そこへクロム酸カリウム溶液を加えたところ, 沈澱が生じた。次に, 溶液 (II) に硫化水素を通じると沈澱が生じたので, これをろ過した (このときのろ液を溶液 (III) とする)。最後に, 溶液 (III) にアンモニア水を加えると沈澱が生じた。

1. 下線部 (a) の操作に対応するイオン反応式と得られる沈澱の色を記せ。また, 何故, 冷却により沈澱が生じたのか, 簡潔に説明せよ。
2. 下線部 (b) の操作に対応するイオン反応式と得られる沈澱の色を記せ。
3. 下線部 (c) の操作に対応するイオン反応式と得られる沈澱の色を記せ。
4. 下線部 (d) の操作に対応するイオン反応式と得られる沈澱の色を記せ。
5. pH の定義式を示し, 以下の (i) ~ (iii) の水素イオン濃度について pH 値を有効数字 2 桁で求めよ。

(i)  $2.00 \times 10^{-3} \text{ mol/l}$ , (ii)  $3.00 \times 10^{-2} \text{ mol/l}$ , (iii)  $6.00 \times 10^{-1} \text{ mol/l}$

6. 充分な量の塩を水の中に入れておくと, 次第に溶解し, その温度における飽和溶液ができる。このとき, 飽和溶液中に溶けている溶質と過剰の塩の間には平衡が成立している。例えば, 塩 MA では  $\text{MA} \rightleftharpoons \text{M}^{m+} + \text{A}^{m-}$  なる平衡が成り立ち, このときの平衡定数は  $K = [\text{M}^{m+}][\text{A}^{m-}] / [\text{MA}]$  で表されるが, [MA] は一定とみなせるので,  $K_{\text{sp}} = K [\text{MA}]$  は一定となり,  $K_{\text{sp}}$  を溶解度積と呼ぶ。

鉛、銅、亜鉛の硫化物の溶解度積が、それぞれ、 $1 \times 10^{-29}$ 、 $4 \times 10^{-38}$ 、 $1 \times 10^{-23} (\text{mol}/\ell)^2$  であるとする、溶液 (II) の水素イオン濃度としては次の値のうち、どれが適切か。解答用紙の番号 (i) ~ (iv) のいずれかを○で囲め。

(i)  $2.00 \times 10^{-3} \text{ mol}/\ell$ ,      (ii)  $3.00 \times 10^{-2} \text{ mol}/\ell$ ,

(iii)  $6.00 \times 10^{-1} \text{ mol}/\ell$ ,      (iv) (i) ~ (iii) のいずれも不適當

また、そのように判断した理由を計算式を用いて簡潔に記せ。

なお、硫化水素は2段階で電離する。各段階の電離定数の値は、



とし、常温常圧では  $\text{H}_2\text{S}$  の飽和水溶液中には  $0.1 \text{ mol}/\ell$  の  $\text{H}_2\text{S}$  が含まれているものとする。

II 次の文を読み、問いに答えよ。

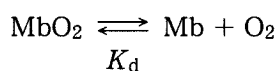
C, H, O より成る化合物 A がある。化合物 A の 17.6 mg を完全燃焼させたところ、二酸化炭素 35.2 mg と水 14.4 mg を生じた。化合物 A の蒸気の密度は、同温、同圧の空気のその 4 倍以下であった。また、この化合物 A を酸で加水分解したところ、化合物 B と化合物 C が得られ、化合物 B は酸であった。

1. 化合物 A の 17.6 mg 中に含まれる C, H, O はそれぞれ何 mg か。
2. 化合物 A の組成式を求めよ。
3. 化合物 A の分子量と分子式を求めよ。また、そのように考えた理由も簡潔に記せ。
4. 化合物 C の可能な構造式を全て描け。
5. 化合物 C を酸化するとケトンが得られた場合、化合物 A は何か、構造式で答えよ。

— 下書き計算用 —

III 次の文を読み、問いに答えよ。

ヒトを含むある種の生物は酸素と可逆的に結合する水溶性のタンパク質を持っている。それらの代表的なものには色素タンパク質であるヘモグロビン (Hb) やミオグロビン (Mb) がある。ヒトの場合、Hb は赤血球中に、Mb は筋肉組織に主として存在する。Hb は酸素とは複雑な結合様式をとる。一方、Mb と酸素との結合は比較的単純であり、次のような平衡式が成立している。



ここで、 $K_d$  は解離の濃度平衡定数とする。

溶液中における酸素濃度  $[\text{O}_2]$  は、溶液と接する気相における酸素分圧  $P_{\text{O}_2}$  に比例するとみなしてよいので、 $f$  を比例定数とすると、 $[\text{O}_2] = fP_{\text{O}_2}$  と表せる。また、酸素と可逆的に結合する Mb の部位が酸素と結合している割合 (飽和度) を  $S_{\text{Mb}}$  とする。Hb についても同様に  $S_{\text{Hb}}$  を定義する。表 1 に成人の血液中の Hb、表 2 にヒトの筋肉中の Mb の  $37^\circ\text{C}$  での種々の  $P_{\text{O}_2}$  における飽和度のデータを示す。なお、 $1 \text{ atm} = 101325 \text{ Pa} \approx 760 \text{ mmHg}$  である。

表 1 ヒトヘモグロビンの飽和度  $S_{\text{Hb}}$  の酸素分圧  $P_{\text{O}_2}$  依存性

$P_{\text{O}_2}/\text{mmHg}$	0.0	5.0	15.0	25.0	35.0	45.0	60.0	95.0
$S_{\text{Hb}}$	0.0	0.04	0.20	0.46	0.67	0.80	0.90	0.98

表 2 ヒトミオグロビンの飽和度  $S_{\text{Mb}}$  の酸素分圧  $P_{\text{O}_2}$  依存性

$P_{\text{O}_2}/\text{mmHg}$	0.0	0.5	2.0	4.0	8.0	20.0	50.0	85.0
$S_{\text{Mb}}$	0.0	0.17	0.44	0.61	0.76	0.89	0.95	0.97

- $K_d/f$  を改めて  $K_D$  とおくと、 $S_{\text{Mb}}$  を  $K_D$  と  $P_{\text{O}_2}$  の関数で表せ。導出過程も記すこと。
- 全 Mb の半数が酸素と結合するときの  $P_{\text{O}_2}$  を  $K_D$  を用いて表せ。また、そのときの  $P_{\text{O}_2}$  の値を、表 2 に記された数値のうち、 $P_{\text{O}_2}$  が 8.0 mmHg のときのデータを用いて具体的に求めよ。なお、いずれも計算過程も記せ。
- 一般的には、多数の実験データを用いて  $K_D$  をグラフからも求めることができる。その場合、横軸に  $1/P_{\text{O}_2}$  をとると、縦軸にはどのような量をとればよいか。また、 $K_D$  の求め方についても具体的に図を用いて説明せよ。
- 解答用紙の図 1 に表 1 および 2 のデータの全てをプロットし、Hb および Mb の酸素結合曲線の図を作成せよ。なお、飽和度を縦軸にとり、両曲線は共通の目盛りで描くものとする。

5. 正常状態のヒト肺における酸素分圧は約 100 mmHg, 末端組織におけるそれは約 30 mmHg である。生体内では, Hb は主に肺から全身の組織へ酸素を運搬する役目を, Mb は酸素を貯蔵し, 代謝が活発な組織において酸素を供給する役目を担っている。これら Hb, Mb の作用は, 前問で作成した図 1 のそれぞれの酸素結合曲線にどのように表れているか, 説明せよ。