

【注意】化学 問題 I, IIに解答するに当たって、必要があれば次の値を用いよ。

原子量：H=1.00, C=12.0, N=14.0, O=16.0, Na=23.0, Si=28.1, S=32.1, Cl=35.5, K=39.1, Mn=54.9, Fe=55.9, Zn=65.4

化学 問題 I

次の文章を読み、以下の問1～問7に答えよ。

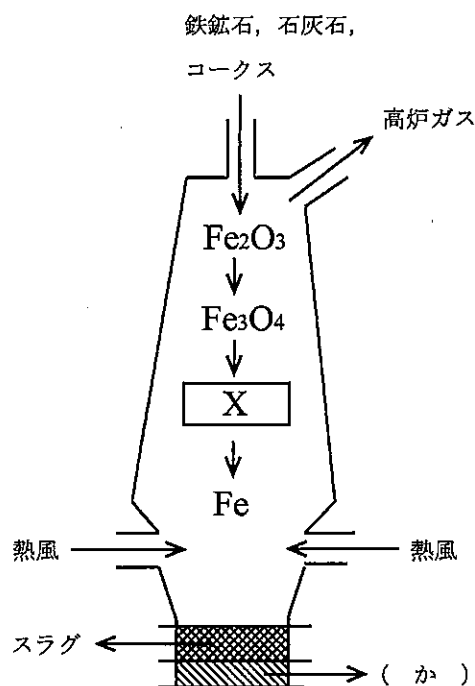
鉄は多様な用途により文明を支えてきた重要な元素の一つであり、周期表の第（あ）周期、（い）族に属する原子番号26の遷移元素である。鉄原子は電子を放出することにより、正の電荷をもつ Fe^{2+} と Fe^{3+} の2種類の陽イオンになりうる。また、①自然界には、 ^{54}Fe 、 ^{56}Fe 、 ^{57}Fe および ^{58}Fe で表される質量数の異なる4つの（う）が存在する。②単体の鉄は室温において体心立方格子からなる原子配列を示すが、約911℃になると面心立方格子へと変化する。

図は、鉄の製錬に用いられる溶鉱炉の概略図である。溶鉱炉の上部から Fe_2O_3 を主成分とする赤鉄鉱や Fe_3O_4 を主成分とする（え）鉄鉱などの酸化物を多く含む鉄鉱石を、 CaCO_3 を主成分とする石灰石とコークスとともに溶鉱炉に入れる。溶鉱炉の下部から熱風を送り込むと、主にコークスの燃焼で生じた二酸化炭素が高温の炭素と触れることで（お）が発生する。生成した（お）は、溶鉱炉内において、上部から段階的に鉄の酸化物を還元し、最終的にFeが生じる。溶鉱炉で得られる鉄は、約4%の炭素を含んでおり（か）とよばれる。鉄鉱石中の不純物の二酸化ケイ素は、石灰石の熱分解によって生じる酸化カルシウムCaOと反応して（き）に変化する。これはスラグの成分であり、（か）の上に浮かぶため、鉄から分離させることができる。つぎに、（か）を転炉に移して酸素を吹き込むことにより、炭素が0.02～2%に減少して（く）になる。（く）は強じて弾性があるために建築材などに用いられる。

鉄は湿った空気中に放置すると容易にさびるため、さびないように鉄の表面を他の金属でおおう。これはめっきとよばれる。鉄の表面にスズをめっきしたものを（け）といい、缶詰の缶などに用いられる。鉄の表面に亜鉛をめっきしたものを（こ）といい、野外の建材などに使用される。クロム（12～18%）、ニッケルなどを含む鉄の合金は（さ）とよばれ、さびにくく、台所用品、防食構造材などに使用されている。

希硫酸に単体の鉄を加えると、水素を発生しながら溶解し、硫酸鉄（Ⅱ）の淡緑色の水溶液が得られる。この水溶液から水を蒸発させると、③水和水を含む淡緑色の結晶が得られる。この結晶は、乾いた空気中では徐々に水和水を失い、表面が粉末状になる。この現象は（し）と呼ばれる。

Fe^{2+} を含む水溶液に水酸化ナトリウム水溶液を加えると、最初に④緑白色の沈殿が生じるが、その沈殿は空気中の酸素によって容易に酸化されて、しばらくすると赤褐色の沈殿に変化する。また、 Fe^{2+} を含む水溶液に（す）水溶液を加えると濃青色の沈殿が生じる。この反応は、 Fe^{2+} の検出に用いられる。一方、 Fe^{3+} を含む水溶液に（せ）水溶液を加えた場合には、血赤色の水溶液に変化するため、これは Fe^{3+} の検出に用いられる。



化 学

問 1. (あ) ~ (せ) に入る最も適切な語句、物質の名称、数字をそれぞれ記せ。

問 2. 下線部 (a), (b) の物質の化学式をそれぞれ記せ。

問 3. 図中の X に入る物質の化学式を記せ。

問 4. 下線部①に関連して、 $^{54}\text{Fe}^{2+}$ の場合において、次の (1), (2) に答えよ。

(1) 電子の数を記せ。

(2) 中性子の数を記せ。

問 5. 下線部②において、鉄が体心立方格子から面心立方格子へと変化する。このとき同じ質量をもつ結晶の体積は何倍に変化するか。解答は、分数および $\sqrt{\quad}$ を用いて示せ。ただし、結晶構造が変化しても鉄原子の半径は変わらないものとする。

解答例: $\frac{5\sqrt{10}}{7}$

問 6. 質量で 4.00% の炭素を含む鉄 111.8 kg を得るためには、理論上何 kg の赤鉄鉱が必要か。有効数字 3 桁で記せ。ただし、赤鉄鉱中の鉄化合物は、酸化鉄 (Ⅲ) Fe_2O_3 のみで、その含有率 (質量百分率) は 79.9% とする。

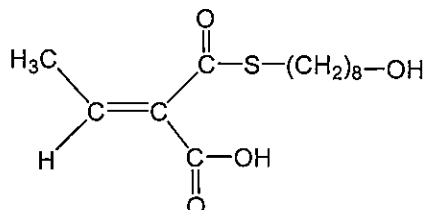
問 7. 鉄と亜鉛からなる合金が 8.86 g ある。この合金のすべてを希硫酸と反応させたところ、水素を生成しながら完全に溶解した。この水溶液の全量をメスフラスコに移し、純水を加えて 1.00 L とした。ここから 50.0 mL をとり、さらに希硫酸を加えたのち、 $5.00 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ の過マンガン酸カリウム水溶液で滴定をおこなったところ、溶液が赤紫色に変化したときの滴下量は 20.0 mL であった。下線部の反応において生成した水素の物質量は何 mol か。有効数字 3 桁で記せ。ただし、過マンガン酸カリウム水溶液で滴定を行う直前までは、 Fe^{3+} は生成しないものとする。

化 学

化学 問題 II

次の合成繊維に関する文章を読み、以下の問 1～問 7 に答えよ。なお、構造式は例にならって記せ。

構造式例



(a)酢酸亜鉛を触媒として、アセチレンに酢酸を作用させると化合物 A が生成し、この化合物 A の付加重合によって、ポリ酢酸ビニルが生成する。(b)ポリ酢酸ビニルを水酸化ナトリウム水溶液で処理し、加水分解させると、高分子化合物 X が得られる。高分子化合物 X はヒドロキシ基を多くもつので、水に溶けやすい。高分子化合物 X の親水コロイド溶液を細孔から飽和硫酸ナトリウム水溶液中に押し出すと、塩析が起こり繊維状に固まる。これを乾燥させた後、ホルムアルデヒド水溶液によりアセタール化すると、部分的にヒドロキシ基が残り適度の吸湿性を示す高分子化合物 Y が得られる。高分子化合物 Y は日本人が最初に開発した合成繊維であり、強度が高く、耐薬品性にも優れるので、ロープ、衣料、産業資材などに広く用いられている。

1935 年にアメリカのカロザースが開発したナイロン 66 は、世界で最初につくられた合成繊維である。ナイロン 66 は、カルボキシ基をもつ化合物 B とアミノ基をもつ化合物 C の縮合重合によって得られる鎖状の高分子化合物であり、絹の長所を再現することを目的に開発された繊維であるため、はだ触りや光沢が絹に似ている。

問 1. 化合物 A～C の物質の名称と構造式をそれぞれ記せ。

問 2. 高分子化合物 X, Y の名称をそれぞれ記せ。

問 3. 下線部(a)において、化合物 A 86.0 g から得られるポリ酢酸ビニルは理論上何 g か。有効数字 3 桁で記せ。

問 4. 下線部(b)に関連し、ポリ酢酸ビニル 64.5 g を 7.50×10^{-1} mol/L の水酸化ナトリウム水溶液により完全に加水分解することで高分子化合物 X に変化したものとする。反応に使用された水酸化ナトリウム水溶液の体積は、理論上何 L か。有効数字 3 桁で記せ。

問 5. 高分子化合物 X の分子中に含まれるヒドロキシ基の質量パーセント (%) はいくらか。有効数字 3 桁で記せ。

問 6. 高分子化合物 X の 10.00 g を質量パーセント濃度 30.0% のホルムアルデヒド水溶液によりアセタール化をおこなったところ、生成物として 10.50 g の高分子化合物 Y が生じた。この時、次の (1), (2) に答えよ。

(1) 高分子化合物 X のヒドロキシ基のうち、アセタール化されたものの割合 (%) はいくらか。有効数字 2 桁で記せ。

(2) この反応に必要な質量パーセント濃度 30.0% のホルムアルデヒド水溶液の質量は理論上何 g か。有効数字 2 桁で記せ。

なお、解答に当たって必要であれば (1) の解答 (有効数字 2 桁の値) を使用して計算せよ。

問 7. 化合物 C とやや過剰の化合物 B を用いた縮合重合反応により化合物 C のアミノ基のすべてが反応したナイロン 66 が

7.56 g 生成した。このナイロン 66 の全量を適当な有機溶媒に溶解させ、 2.00×10^{-1} mol/L の水酸化ナトリウム溶液で中和滴定したところ、4.20 mL を要した。生成したナイロン 66 の平均分子量はいくらか。有効数字 3 桁で記せ。