

平成 30 年度入学者選抜学力検査問題

9 時 00 分 — 10 時 30 分

工学部応用化学科志願者

論 述 試 験 (本文 7 ページ)

{ [注意]

1. 検査開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけない。
2. 「受験番号」は、解答用紙の受験番号欄に忘れずに記入すること。
3. この冊子には 2 つの問題がある。落丁、乱丁、印刷不鮮明があった場合は申し出ること。
4. 解答は、必ず解答用紙の所定の解答欄に記入すること。所定の欄以外に記入したものは無効である。

第1問および第2問について、必要があれば、次の数値を使うこと。

原子量 $H = 1.0$, $O = 16$, $S = 32$, $Fe = 56$

気体定数 $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{K})$

字数が指定されている解答は、以下の例にならって記述せよ。

例

H	2	O	は	,	H	+	と	反	応	す	る	が	,
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

第1問 次の文章を読んで、以下の問い(問1～問3)に答えよ。

問1 鉄Feは地殻中に酸化物や硫化物として約5%含まれ、O、Si、Alに次いで多量に存在する。鉄には酸化数+2と+3の化合物が存在するが、空気中では酸化数+3の化合物の方が安定である。鉄鉱石とコークス、石灰石を溶鉱炉内に入れ、下から熱風を送り込んで反応させると銑鉄^①が得られる。転炉で溶融した銑鉄^②に酸素を吹き込むと、鋼^こが得られる。次の問い(1)～(3)に答えよ。^③

- (1) 下線部①のコークスの役割を述べ、下線部②で起きている反応の化学反応式を1つ記せ。
- (2) 下線部③によって起こる反応の化学反応式を記せ。
- (3) 鉄を含む合金としては、ステンレス鋼がよく知られている。ステンレス鋼に含まれている、鉄以外の金属元素を記せ。また、ステンレス鋼の特徴について簡潔に述べよ。

問 2 次の文章を読んで、以下の問い(1)~(3)に答えよ。

鉄 Fe は空気中で酸素や水と反応し、 Fe_2O_3 や $\text{FeO}(\text{OH})$ となる。水溶液中においても鉄は酸化され、陽イオンとなって溶解する。図 1—1 は、鉄板を 5 通りの方法で水道水に浸す実験の様子を示している。

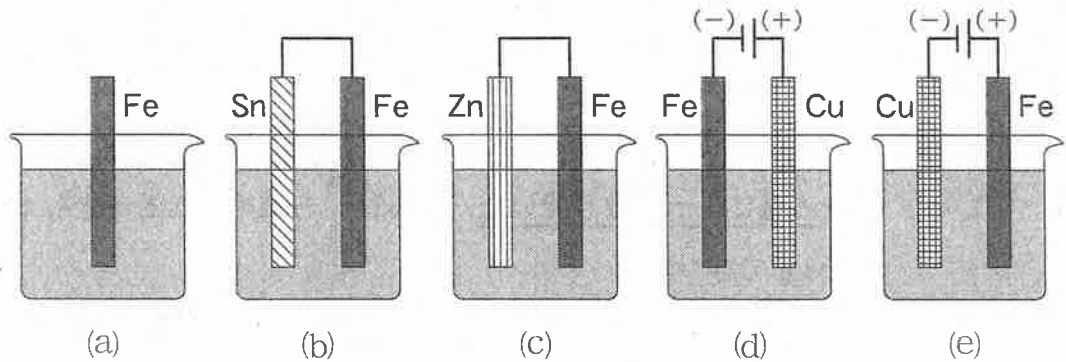


図 1—1 鉄板を水道水に浸す実験

- (a)では鉄板のみが水道水に浸されている。
(b)では鉄板とスズ板が導線をつないである。
(c)では鉄板と亜鉛板を導線をつないである。
(d)と(e)では、鉄板と銅板が電池を介して導線をつないである。

- (1) 図 1—1 の(a), (b), (c)を鉄 Fe の酸化速度の速い順に並べよ。
- (2) 図 1—1 の(a), (d), (e)を鉄 Fe の酸化速度の速い順に並べよ。また、その理由を 250 字以内で論理的に説明せよ。
- (3) 上の(1)と(2)の結果をもとに、図 1—1 (a)~(e)での鉄 Fe の酸化速度を速い順に並べよ。また、その理由を論理的に説明せよ。

問 3 次の操作を読んで、下線部④で取り除いた固体に含まれる Fe の物質量 [mol] を求めよ。また、その計算過程を論述せよ。解答は、有効数字 2 桁で示せ。なお、 FeSO_4 の溶解度は、 20°C では $27\text{ g/水 } 100\text{ g}$ 、 80°C では $44\text{ g/水 } 100\text{ g}$ である。

操作：希硫酸 300 mL と鉄 30 g を反応させたところ、気体が発生した。この反応が完結した後も、鉄は一部溶解せずに残った。この鉄と溶液の混合物を 80°C でしばらく加熱した。その後、 20°C に冷却したところ、新たに沈殿が析出してきたので、この沈殿と溶解せずに残った鉄をろ過によって取り除いた。最後に、ろ液の質量を測定したところ、254 g であった。

第2問 次の文章を読んで、以下の問い(問1～問3)に答えよ。

H₂Oは、地球上の生物にとって欠かせない物質であり、固体、液体、気体と状態を変えながら地球上を循環している。地表や海洋などから発生した水蒸気が大気中を上昇すると、水や氷の小さな粒となり雲を形成するが、いずれ再び雨や雪などとして地表や海洋などに戻ってくる。一方、大気中には海洋・火山活動・雷や化石燃料などを発生源とする硫黄酸化物および窒素酸化物が存在し、これらは酸性雨の原因と言われている。また、雨や雪として地表に戻った水は湖や河川などを形成し、一部は地下水となる。これらの過程で水にはカルシウムやマグネシウムなどのミネラルが溶解する。水は、1000 mL中に含まれるCa²⁺とMg²⁺の濃度によって硬水と軟水に分類される。日本には軟水が多いと言われている。

問1 下線部①に関連して、図2-1を用いて、密閉容器に封入した気体の温度変化について考えてみる。次の問い(1)および(2)に答えよ。

- (1) 密閉容器中に窒素のみが46℃、2400 Paで封入されている。容器全体を冷却したとき、容器内の圧力と温度の関係を示す直線を、直線(a)～(e)から1つ選び記号で答えよ。また、そのように考えた理由を述べよ。

- (2) 図 2—1 の曲線(f)は水の飽和蒸気圧曲線である。密閉容器中に水蒸気のみが 46 °C, 2400 Pa で封入されている。容器全体を冷却したとき、容器内に水滴ができ始める温度[°C]を答えよ。また、そのように考えた理由を述べよ。

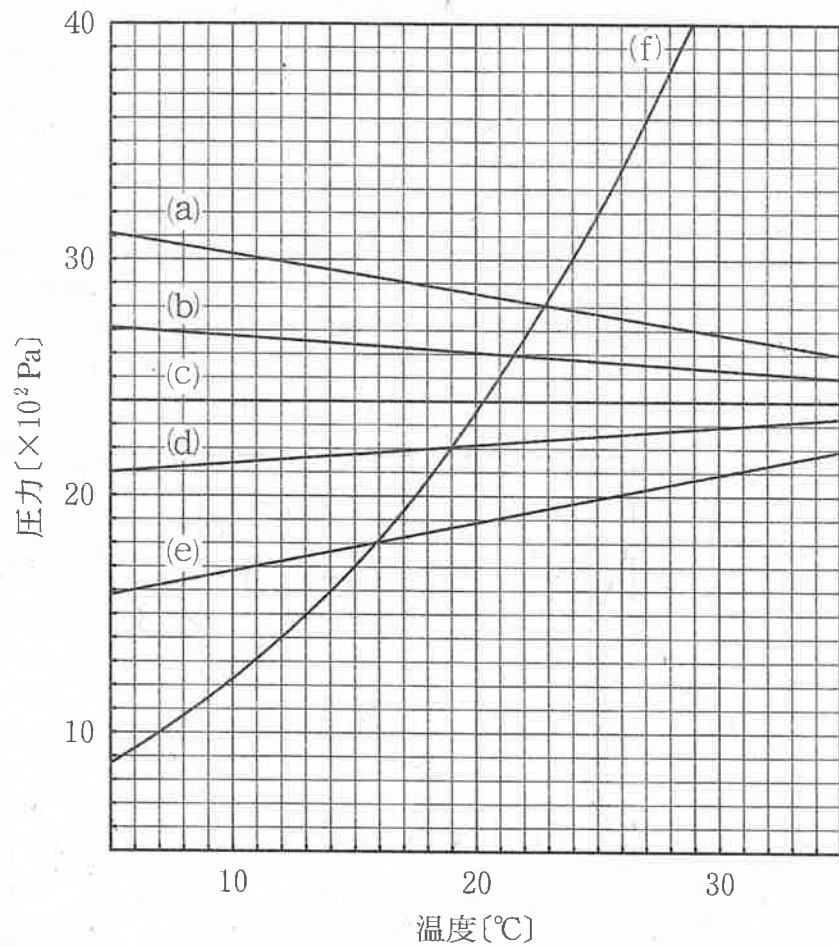


図 2—1 密閉容器内の気体の圧力と温度の関係 (直線(a)~(e))。水の飽和蒸気圧曲線 (曲線(f)) もあわせて示した。

問 2 下線部②に関連して、硫黄酸化物の水への溶解について考えてみる。十分な量の SO_2 を、圧力 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ のもと、異なる温度で水に接触させた。平衡状態に達した後の水溶液における SO_2 と HSO_3^- の合計の濃度 A (mol/L) を測定したところ、図 2—2 に示す曲線が得られた。いずれの温度においても、水に溶解した SO_2 の一部は、式 2—1 の反応によってすみやかに電離する。ただし、生じた HSO_3^- がさらに電離して H^+ を生成することはないものとする。このとき、次の問い(1)および(2)に答えよ。なお、水溶液における SO_2 と HSO_3^- のモル濃度をそれぞれ $[\text{SO}_2]$ と $[\text{HSO}_3^-]$ と表すと、 $A = [\text{SO}_2] + [\text{HSO}_3^-]$ である。

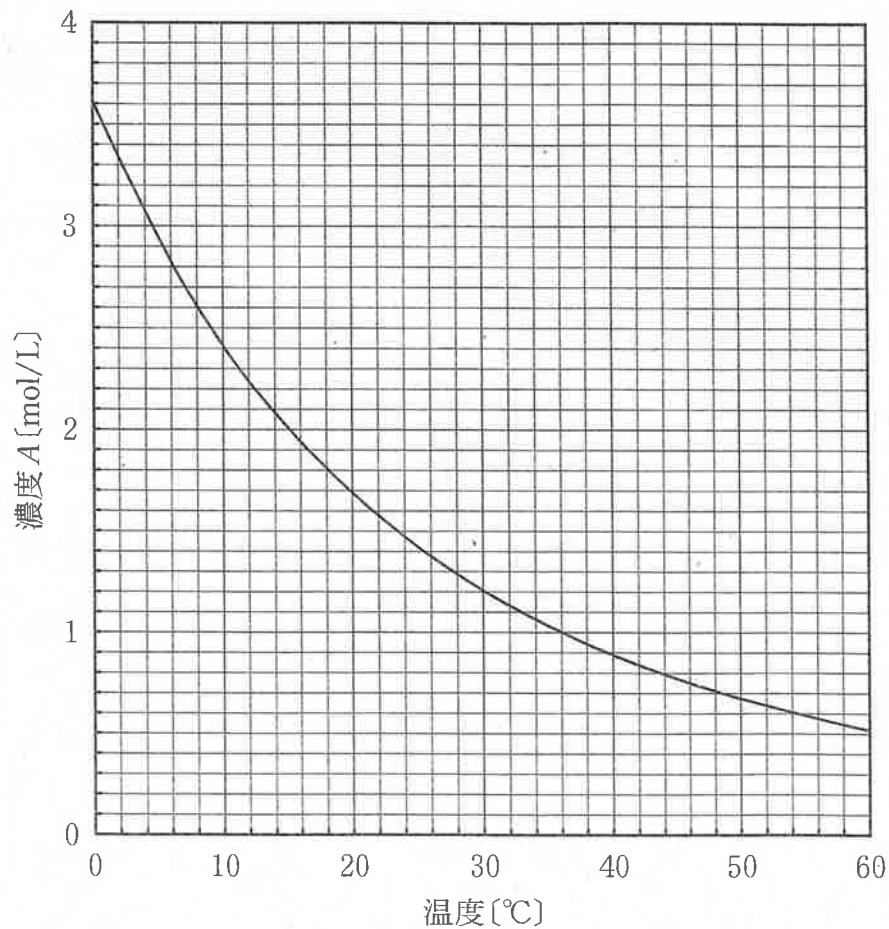


図 2—2 濃度 A の温度による変化

(1) 図 2—2 を用いて, 4℃ における濃度 A (mol/L) を答えよ。

(2) 式 2—1 の反応の平衡定数 K は式 2—2 によって表される。 K の値が 1.0×10^{-2} mol/L のとき, 温度 36℃ において生成する H^+ の濃度 (mol/L) を推定せよ。なお, 計算過程を示し, そのように考えた理由も述べよ。

$$K = \frac{[HSO_3^-][H^+]}{[SO_2]} \quad (\text{式 2—2})$$

問 3 下線部③に関連して, 硬水と洗浄の関係について考えてみる。セッケンによって衣類の油汚れを洗浄する際に硬水を用いると, 泡立ちが悪くなり洗浄力が落ちることが知られている。一方, 合成洗剤を用いると硬水中でも洗浄力は落ちない。この理由を, 以下の語句をすべて用いて 400 字以内で説明せよ。

語句: 疎水基, 親水基, ミセル, 乳化, カルシウム塩, マグネシウム塩