

# 理 科 (前期日程・100点)

2月25日(日) 13:30~15:00 (90分)

## 注 意 事 項

- 1 監督者の指示があるまで、この問題冊子と別の答案冊子を開いてはいけません。
- 2 出題科目、ページ、および選択方法は下表のとおりです。

出題科目	ページ	選 択 方 法
化 学	1～8	左の科目のうちから1科目を選択し、解答してください。解答は別の答案用紙に記入してください。
生 物	9～19	

- 3 別に答案冊子(答案用紙は化学3枚、生物4枚)があります。
- 4 試験中に問題冊子および答案冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁、汚れ等に気付いた場合は、静かに手を挙げて監督者に知らせてください。
- 5 監督者の指示に従って、選択する科目の答案用紙のそれぞれの所定の欄に氏名(1箇所)と受験番号(2箇所)を記入してください。
- 6 試験開始の合図の後に、答案冊子の折り目を丁寧に切り離してください。切り離し損なった人は、静かに手を挙げて監督者に知らせてください。
- 7 解答は選択する科目の答案用紙(化学3枚または生物4枚)の所定の欄に記入してください。所定の欄以外に書いた解答は無効です。
- 8 答案用紙の横線より上の部分には、氏名と受験番号のほかは記入してはいけません。右寄りに引かれた縦線より右の部分には、なにも書いてはいけません。
- 9 問題冊子の余白は下書き用として使ってもかまいません。ただし、どのページも切り離してはいけません。
- 10 試験終了時刻まで退室してはいけません。
- 11 試験終了後は、選択した1つの科目の答案用紙だけ(化学3枚または生物4枚)を監督者の指示に従って提出してください。
- 12 選択した1つの科目の答案用紙以外は、すべて持ち帰ってください。

# 化 学

## (第 1 問～第 3 問)

計算に必要ならば、次の数値を用いよ。

原子量： H = 1.00    C = 12.0    N = 14.0    O = 16.0    Na = 23.0  
Mg = 24.3    S = 32.1    Cl = 35.5    Ca = 40.1

### 第 1 問 次の文章を読み、問 1～問 6 に答えよ。(配点 35 点)

鉄は地殻中に酸化物や硫化物として含まれる。鉄の精錬では、溶鉱炉の上部から赤鉄鉱や磁鉄鉱などの鉄鉱石とコークス(炭素)、炭酸カルシウム(石灰石)をいれ、下部から熱風を送る。コークスの燃焼で生じた<sup>①</sup>一酸化炭素によって、鉄の酸化物は<sup>②</sup>段階的に還元され、炭素含有量が高く、展性や延性がなく、硬くてもろい鉄が生成する。このようにして得られた鉄を **ア** という。**ア** を転炉に移し、**[ A ]** を吹き込み、炭素含有量を低くしたものを **イ** という。また、アルミニウムの粉末と酸化鉄(Ⅲ)との混合物を点火することでも、<sup>③</sup>融解した鉄の単体が得られる。単体の鉄はさびやすいが、めっきすると鉄だけのときよりさびにくくなる。鉄板の表面にスズをめっきしたものは **ウ** といひ、亜鉛をめっきしたものは **エ** という。

一方、単体の鉄を濃硝酸に浸すと表面に酸化被膜が生じ、溶解しない。この状態を **オ** という。鉄を希硫酸に浸した場合では、**[ B ]** を発生して溶け、淡緑色の **カ** 価の鉄イオンを含む水溶液となる。この水溶液に過酸化水素水を加えると、鉄イオンは **キ** 価となり、水溶液の色は淡緑色から **ク** 褐色に変化する。さらに、この水溶液に水酸化ナトリウムを加えると、**ケ** 褐色の沈殿が生じる。また、鉄イオンを含む淡緑色の水溶液に水酸化ナトリウムを加えた場合では、緑白色の **[ C ]** の沈殿が生じるが、硫化水素の水溶液を加えた場合では、黒色の **[ D ]** の沈殿が生じる。

鉄イオンのような金属イオンを中心に、コ 電子対をもつ分子や陰イオンが配位結合したイオンは、錯イオンと呼ばれる。  
④

問 1 文章の空欄 ア ~ コ にあてはまる適切な語を記せ。ただし、カ と キ には数字を、ク と ケ には赤もしくは黄のいずれかの色を記せ。なお、同じ記号の空欄には同じ語が入る。

問 2 文章の空欄 [ A ] ~ [ D ] にあてはまる適切な物質の化学式を記せ。

問 3 下線部①について、炭酸カルシウムに塩酸を加えると、二酸化炭素が発生した。この化学反応式を記し、炭酸カルシウムを 10 g 使用したときに発生する二酸化炭素は何 g か、答えよ。また、それは  $0^{\circ}\text{C}$ 、 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$  の状態で何 L か、答えよ。ただし、発生した二酸化炭素は理想気体としてふるまうものとし、気体定数  $R$  は  $8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$  とする。なお、計算による解答の有効数字は 2 桁とし、解答欄には計算の過程も示せ。

問 4 下線部②について、一酸化炭素によって、まず、赤鉄鉱の主成分である酸化鉄(Ⅲ)が四酸化三鉄に、続いて、四酸化三鉄が酸化鉄(Ⅱ)に、そして、酸化鉄(Ⅱ)が鉄に還元される。この三段階の反応をそれぞれ化学反応式で記せ。

問 5 下線部③の化学反応式を記せ。また、アルミニウムによって金属の酸化物が還元され、金属の単体が得られるこの反応を何というか、記せ。

問 6 下線部④について、中心金属が鉄(Ⅲ)イオン、配位子がシアン化物イオン  $\text{CN}^-$ 、配位数が 6 の錯イオンの名称と化学式を記せ。

第2問 次の文章を読み、問1～問6に答えよ。(配点 30点)

純溶媒アと、この純溶媒アに不揮発性の物質を溶かした溶液イを、1気圧のもとでゆっくりと冷却した。図1に示すように、純溶媒アと溶液イの温度は、冷却時間の経過とともにそれぞれ変化したものとする。純溶媒アの温度は  $T_b$  まで低下し、再び  $T_a$  まで上昇して、一定時間  $T_a$  を保った後、低下した。一方、溶液イの温度は  $T_f$  まで低下した後、 $T_d$  まで上昇して、そこから  $T_e$  まで徐々に低下した。図中の  $T_a$  は純溶媒アの凝固点である。また、 $T_c$  は図中の BC の部分の直線を左方向に延ばしたときの交点 A の温度を示す。

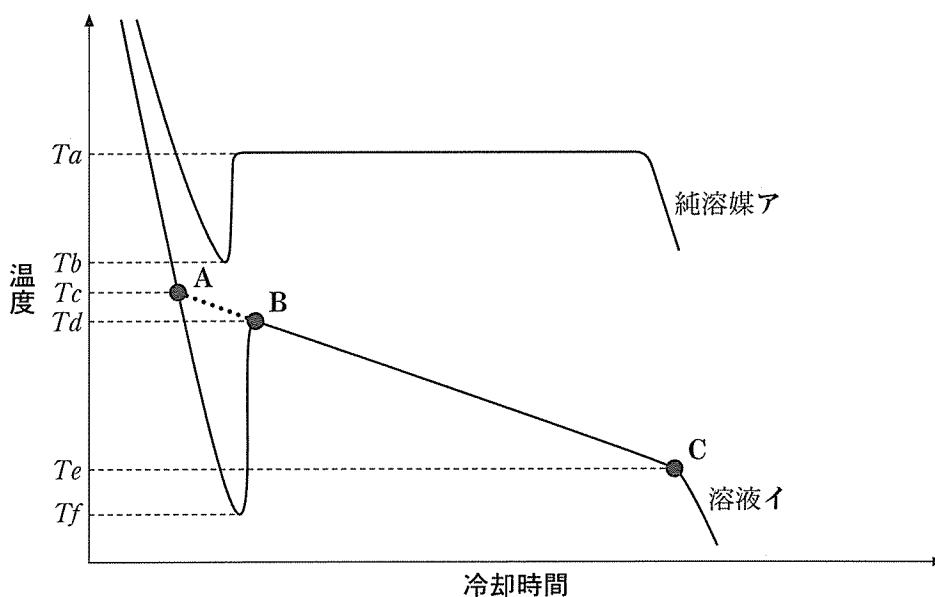


図1

問 1 純溶媒 A は、 $T_a$  から  $T_b$  にいたるまでの間、液体の状態を保ったままであった。この状態を何というか、記せ。

問 2 純溶媒 A の温度が、 $T_b$  から  $T_a$  へと上昇した理由を 15 字以内で記せ。

問 3 溶液 I の凝固点は純溶媒 A の凝固点よりも低くなる。その差を凝固点降下度 ( $\Delta t$ ) という。溶液 I の  $\Delta t$  を図 1 の温度  $T_a \sim T_f$  を用いた計算式で記せ。

問 4 溶液 I において図 1 に示す B から C の間で温度が徐々に低下した理由を述べよ。

問 5 希薄溶液の  $\Delta t$  は、 $\Delta t = K_f \times m$  の関係にある。 $K_f$  は溶媒の種類によって決まる比例定数で、モル凝固点降下という。また、 $m$  は溶媒 1 kg に溶解したすべての溶質粒子(分子、イオン)の質量モル濃度[mol/kg]を表す。

いま、ここに水 1 kg に 5.85 g の塩化ナトリウムを溶かした希薄溶液がある。この塩化ナトリウム水溶液を 1 気圧のもとでゆっくりと冷却したときの凝固点[ $^{\circ}\text{C}$ ]を求めよ。ただし、水の  $K_f$  は  $1.85 \text{ K}\cdot\text{kg}/\text{mol}$  とし、塩化ナトリウムは水溶液中ですべて電離しているものとする。なお、計算による解答の有効数字は 2 桁とし、解答欄には計算の過程も示せ。

問 6 ある濃度のグルコース( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ )水溶液を 1 気圧のもとでゆっくりと冷却したとき、凝固点が  $-0.5^{\circ}\text{C}$  であった。このグルコース水溶液が十分希薄だとし、その濃度を質量パーセント濃度で答えよ。ただし、水の  $K_f$  は  $1.85 \text{ K}\cdot\text{kg}/\text{mol}$  とする。なお、計算による解答の有効数字は 2 桁とし、解答欄には計算の過程も示せ。

第3問 次の問1，問2に答えよ。(配点 35点)

問1 次の文章を読み，設問 a～c に答えよ。

一般に，有機化合物は水に溶けにくく，ジエチルエーテルなどの有機溶媒に溶けやすいものが多い。一方，塩基や酸の水溶液を加えて塩にすることで，水に溶けやすく，有機溶媒に溶けにくくなるものもある。溶解性の違いを利用すると，有機化合物の混合物を分離することができる。今回，アニリン  $C_6H_5NH_2$ ，安息香酸  $C_6H_5COOH$ ，フェノール  $C_6H_5OH$ ，ニトロベンゼン  $C_6H_5NO_2$  を混合したジエチルエーテル溶液に対し，図2の操作を行い，各化合物を分離した。そして，水層に分離した塩に対しては，もとの化合物に戻す操作を行った。

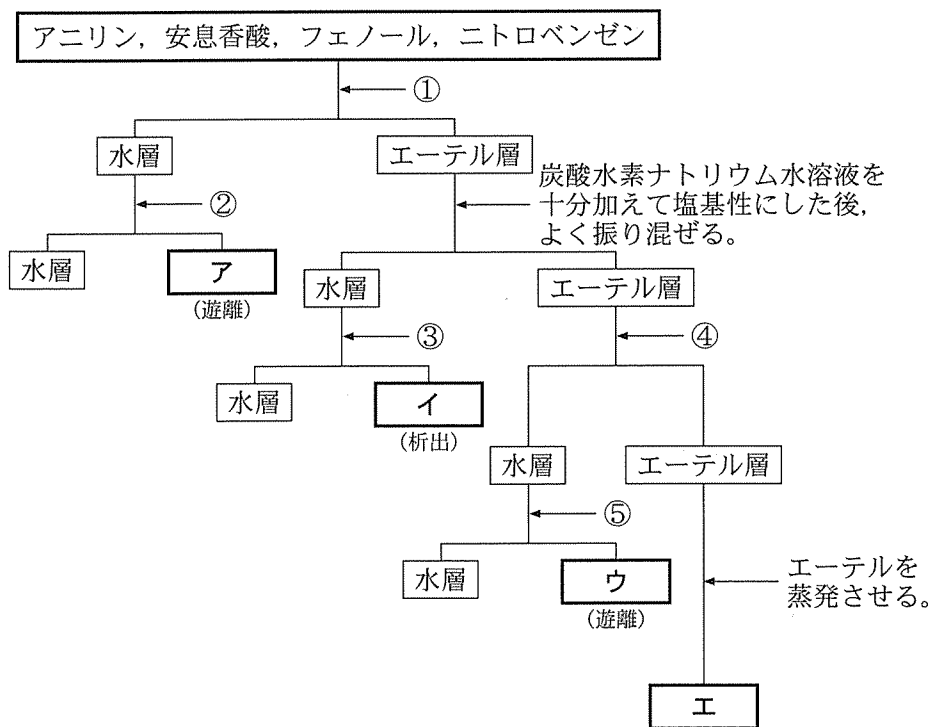


図2

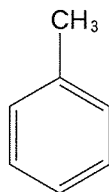
a 図2中の①～⑤にあてはまる適切な操作を下記(A)～(C)の中から選び、記号で答えよ。なお、同じ選択肢を何度用いてもよい。

(A) 炭酸水素ナトリウム水溶液を加えて塩基性にした後、よく振り混ぜる。

(B) 希塩酸を加えて酸性にした後、よく振り混ぜる。

(C) 水酸化ナトリウム水溶液を加えて塩基性にした後、よく振り混ぜる。

b 図2中の空欄  ～  にあてはまる化合物の構造式を、以下の構造式1の例にならってそれぞれ記せ。



構造式1

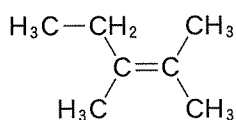
c 図2中の  の化合物を希塩酸に溶かし、氷冷しながら亜硝酸ナトリウム水溶液を加えた際に起こる反応について、その化学反応式を記せ。また、この操作で塩が生じる反応を何というか、記せ。

問 2 次の文章を読み、設問 a ~ d に答えよ。

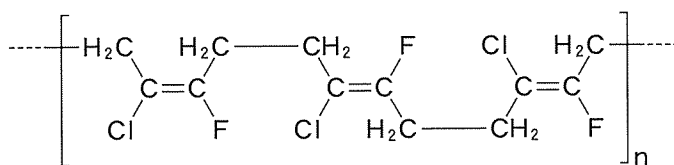
ゴムノキから採取される乳白色の樹液を **ア** といい、これに酢酸などの酸を加えて凝固させ、乾燥させたものが **イ** ゴムである。 **イ** ゴムは、イソプレン分子  $C_5H_8$  がシス型で付加重合した高分子化合物 ポリイソプレン  $(C_5H_8)_n$  を主成分とし、力が加わっていないときはポリイソプレン分子全体が丸まった形をしており、力を加えて引っ張ると伸びた形となる。この性質を ゴムの弾性 という。また、産業として、石油由来の原料や合成原料からつくられる 合成ゴム の生産も進んでいる。

a 文章の空欄 **ア** および **イ** にあてはまる適切な語を記せ。ただし、同じ記号の空欄には同じ語が入る。

b 下線部①イソプレンについて、以下の構造式 2 の例にならって構造式を記せ。また、下線部②ポリイソプレンについて、結合様式が明確にわかるように、以下の構造式 3 の例にならって、繰り返し単位を 3 つとして構造式を記せ。



構造式 2



構造式 3



c 下線部③の性質は、加硫によって変化する。 イ ゴムに数%の硫黄粉末を加え、加熱しながら練り合わせる加硫によって、ゴムの弾性やその他の性質はどのように変化するか、ゴム分子に起こる構造変化を含めて、答えよ。

d 下線部④について、合成ゴムには、イソプレンやそれに似た分子の単量体を付加重合することで得られるものと、2種類以上の単量体を共重合することで得られるものがある。共重合によって得られる合成ゴムを1つ答えよ。