

平成 21 年度個別学力検査（前期）理科（化学 I ・ I I）

試験問題出題の意図

- 1 主に Al およびその化合物を例として取り上げて化学的事象を包括的に記述した長文を読み解かせるとともに、物質の構成、物質の変化、無機物質の性状、溶液濃度等について、字句・数、化学反応式の記述並びに論述や数値計算を通じて、化学の基礎的諸事象の理解度や論理力・計算力を段階的に評価することを意図した体系的総合問題である。
- 2 化学平衡の概念を理解しているかを 2 種類の気体の反応を題材に問うことが本問題の問 1 の意図である。また、理想気体と実在気体の違いや、水溶液の酸性度、電解質と非電解質の凝固点降下度の違い、コロイド溶液の特性など、気体と液体の基本的な性質を理解しているかを問うことが本問題の問 2 および 3 の意図である。
- 3 化学 I の範囲において有機化学に関する知識と理解度を問うことが主要な意図である。内容的には、問 1 において有機化学の最も基本的な反応と化合物の名前についての知識を問い、問 2 において有機分子の多様な結合形態と官能基の有機分子に及ぼす物理的性質の知識を問うている。有機分子の構造とその性質等を理解していればいずれも解答できる問題である。
- 4 生活に広く使われている物質についての化学的理解度を問うことが本問題の意図である。金属ならびに繊維の製造、構造と性質を理解する。それらの性質が材料や衣料としての用途にどのようにいかされているかを考える。さらに、塩化ナトリウム水溶液であることを確認する実験の方法と結果を記述する。解答には、身近な物質に関連する基本的な知識の整理が望まれる。
- 5 生体内における酵素反応について、その特徴を化学的な観点から理解しているかどうかを問うことが問 1 の意図である。特に、問題にある酵素や、基質となる糖質は、いずれも生物にとって重要な役割を果たすものばかりであり、解答できることが必要である。
また、問 2 は生体内のエネルギー代謝が化学反応の一部であることを考察させ、エネルギーの量的関係を計算によって導き出すことによって、その理解度を確認する問題である。

平成21年度工学部前期日程入学試験問題
化学 (5枚中1枚目)

1

次の文章を読み、問1～問9に答えよ。答えは解答用紙の各問の該当する解答欄に記入せよ。必要があれば、次の数値を用いよ。原子量：H=1.0, O=16.0, Al=27.0, S=32.0 ファラデー定数： $F=9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ アボガドロ定数： $N_A=6.02 \times 10^{23}/\text{mol}$

地殻を構成する成分として多い元素には酸素、ケイ素、アルミニウムなどがあり、これらの元素を含む物質はいずれも人間の生活を支える上で重要な役割を担っている。

アルミニウムは、(ア)族の元素で価電子を(イ)個もつ。アルミニウムには天然に(ウ)は存在しないが、 $_{11}\text{ケイ素}$ には ^{28}Si (存在比：92.2%)、 ^{29}Si (存在比：4.7%)、 ^{30}Si (存在比：3.1%)の3種類の(ウ)が存在する。工業的にアルミニウムの単体を得るには、まず、鉱石である(エ)から酸化アルミニウムをつくったのち、これを加熱融解した(オ)に溶かし、炭素を電極に用いて(カ)を行う。 $_{21}$ (キ)極では酸化アルミニウムの電離で生じたアルミニウムイオンが(ク)されて、アルミニウムを生じる。空気中ではアルミニウムは表面に(ケ)の被膜を生じ、(コ)が内部まで進行しにくくなる。人工的にこの被膜をつけたアルミニウム製品を(サ)という。 $_{31}$ アルミニウムは(シ)元素であるので、塩酸とも水酸化ナトリウム水溶液とも反応して溶解する。アルミニウムは建築材料や日用品に利用され、また、銅、マグネシウム、マンガンなどを含むアルミニウムの(ス)は(セ)とよばれ航空機材料に用いられる。

酸化アルミニウム結晶で微量の遷移金属イオンを含むものの中には紅色の宝石として珍重される(ソ)がある。硫酸アルミニウムと硫酸カリウムの混合水溶液を濃縮すると、正八面体の結晶が得られる。これは、 $_{41}$ 硫酸カリウムアルミニウム十二水和物であり、(タ)ともよばれ、上下水の清澄剤や染色の媒染剤などに利用される。

問1 (ア)～(タ)へ当てはまる適切な字句または数を記せ。

問2 下線部1)の存在比(%)に基づき、ケイ素の原子量を求めよ。なお、相対質量は、 $^{28}\text{Si}=28.0$ 、 $^{29}\text{Si}=29.0$ 、 $^{30}\text{Si}=30.0$ とし、計算式を記述するとともに原子量は小数第2位を四捨五入して答えよ。

問3 下線部2)の反応でアルミニウム36.0gを得るには何クーロンの電気量が必要か。加えた電気量はすべてアルミニウムの析出に使われたものとする。計算式を記し、答えは有効数字3桁で示せ。

問4 下線部3)で起こる反応を、それぞれ化学反応式で記せ。

問5 1個のアルミニウムイオンの原子核を取りまく電子の数はいくつか。

問6 アルミニウムイオンを含む水溶液の電解ではアルミニウムが得られない。その理由を説明せよ。

問7 アルミニウム結晶は一辺が $4.05 \times 10^{-8} \text{ cm}$ の立方格子からなり、密度は 2.70 g/cm^3 である。アルミニウム結晶の単位格子に含まれる原子数を求めよ。計算式を記し、答えは適切な整数で示せ。

問8 下線部4)の化合物を化学式で表せ。また、この化合物の水溶液に塩化バリウム水溶液を加えたときの変化をイオン反応式で表せ。

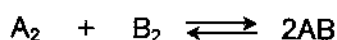
問9 63.0 g の $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 16\text{H}_2\text{O}$ を水 137.0 g に溶かした溶液の質量パーセント濃度とモル濃度を求めよ。なお、この水溶液の密度は 1.20 g/cm^3 とする。計算式を記し、答えは有効数字3桁で示せ。

平成21年度工学部前期日程入学試験問題
化学（5枚中2枚目）

2

以下の問1～問3に答えよ。答えは解答用紙の各問の該当する解答欄に記入せよ。

問1 気体X（分子式を A_2 とする）と気体Y（分子式を B_2 とする）が反応して気体Z（分子式を AB とする）が生成する。また、気体Zは一部が分解して気体Xと気体Yに戻る。つまり、気体X、YおよびZの間には、以下の平衡が成立する。



容積 V の密閉した容器中に、 a molの気体Xと b molの気体Yを入れ、温度 T ℃に保ち反応させたところ、気体Zが c mol生成して平衡に達した。この反応に関する以下の設問（1）～（3）に答えよ。

- (1) この反応の平衡定数 K を、 a 、 b 、 c を使って示せ。導出過程も示せ。
- (2) 最初の気体Xと気体Yの物質量がいずれも1.0 mol、平衡定数が $K = 9.0$ のとき、平衡時に残っている気体Yの物質量と生成した気体Zの物質量を求めよ。計算過程も記せ。
- (3) この平衡反応を以下に示す（ア）と（イ）の条件で行ったとすると、それぞれの条件で生成する気体Zの物質量は、設問（2）の条件で生成した気体Zの物質量より多いか、少ないか、変わらないか、理由とともに答えよ。ただし、他の条件は変えないものとする。
 - （ア）最初の気体Xと気体Yの物質量がいずれも2.0 molで反応を開始し、平衡に達した場合。
 - （イ）この平衡反応が、気体Zの生成反応について発熱反応であるとき、気体Xの1.0 molと気体Yの1.0 molが、 T ℃よりも高い温度で平衡状態に達した場合。

問2 状態方程式が成り立つ気体を理想気体という。実在の気体では、状態方程式が常に成り立つとは限らない。特に高圧や低温では状態方程式からのずれが大きくなる。その主な原因を2つ述べよ。

問3 次の記述（1）～（5）について、それぞれの記述が正しいか、正しくないか答えよ。正しくないと答えた場合は、その理由を述べよ。

- (1) pH6の水溶液を蒸留水で1000倍に薄めるとpH9になる。
- (2) 0.1 mol/lの酢酸水溶液10 mlを中和するのに必要な0.1 mol/lの水酸化ナトリウム水溶液の量は10 mlである。
- (3) 酢酸ナトリウムの水溶液は弱酸性を示す。
- (4) 0.1 mol/kgの塩化ナトリウム水溶液と0.1 mol/kgのスクロース水溶液とでは、凝固点はスクロース水溶液のほうが低い。
- (5) 水酸化鉄（Ⅲ）のコロイド溶液に電解質を少量加えると沈殿が生じる。これは、イオンがコロイド粒子の表面から水分子を取り去るためである。

平成21年度工学部前期日程入学試験問題
化学（5枚中3枚目）

3

以下の問1および問2に答えよ。答えは解答用紙の各問の該当する解答欄に記入せよ。

問1 下の例にならって、次の(1)～(5)の反応を化学反応式で示すとともに、得られるすべての化合物に名称をつけよ。ただし、触媒として用いられたものについては、その化学反応式に含めなくてもよい。

例題 ベンゼンと濃硫酸を加熱した。

解答



- (1) アニリンと無水酢酸を反応させた。
- (2) マレイン酸を加熱した。
- (3) エチレンと臭素を反応させた。
- (4) クメンヒドロペルオキシドを硫酸を触媒として分解した。
- (5) エタノールを濃硫酸とともに 130～140℃で加熱した。

問2 分子式が C₈H₈O₂ の芳香族化合物 A～E がある。それらの分子中にはベンゼン環と炭素-酸素二重結合があり、ベンゼン環上に1個あるいは2個の置換基がついている。水溶液中では、これらの化合物のうち A～C は弱い酸性の性質を示したが、D と E は酸性の性質を示さなかった。これらの化合物に、a) 塩化鉄(III)水溶液を加えたところ A と B のみが青紫色の呈色反応を示し、b) アンモニア性硝酸銀との反応では B のみが銀鏡反応を示した。同様に c) 水酸化ナトリウム水溶液中でヨウ素と反応させたところ A と D のみが黄色の沈殿を生じることがわかった。

- (1) 下線部 a)～c) の実験により、分子についてどのような情報が得られるのか説明せよ。
- (2) 化合物 A～E として可能性のある構造式を記せ。ただし、解答は1つとは限らない。
- (3) ここで問題となっている C₈H₈O₂ の分子式を持つ化合物には、A～E 以外の化合物も存在する。その A～E に含まれない化合物のうち、ベンゼン環に1個の置換基がついている化合物の構造式を2つ記せ。
- (4) 濃硫酸のような強い酸の存在下で化合物 C はエタノールと反応する。この反応の名前を記せ。

平成21年度工学部前期日程入学試験問題
化学（5枚中4枚目）

注意 問題 4 と 5 については、いずれか一方のみを選択して
解答すること。

4 以下の問1と問2に答えよ。答えは解答用紙の各問の該当する解答欄に記入せよ。

問1 次の(A)と(B)の文章を読み、(1)～(5)の問いに答えよ。

(A)：金属は、生活に欠かせない材料である。一般に、金属は(ア)や(イ)をよく通す。これは、金属の中に自由に運動できる(ウ)が存在するためである。金属には、臨界温度以下では電気抵抗がゼロになるものがあり、この現象を(エ)とよぶ。また、(オ)は導体と絶縁体の中間の電気伝導性を示す。金属はたたくと薄く広がる(カ)や引っ張ると長く伸びる(キ)をもつので、変形させやすい。

金や白金などは単体として得られるが、ほとんどの金属元素は酸化物や硫化物として産出する。酸化物や硫化物から金属の単体を取り出すことを(ク)という。鉄の(ケ)は比較的大きいので、a鉄に希硫酸を注ぐと反応して、淡い緑色の水溶液になる。鉄は、濃硝酸には溶けにくい。それは、表面にち密な酸化物の被膜ができるため、このような状態を(コ)という。鉄は湿った空气中で酸化され、赤さびを生じる。缶詰の缶に用いるブリキは、さびにくい金属である(サ)を鉄の表面にめっきして腐食を防いでいる。建材に使われるトタンは、鉄より酸化されやすい(シ)をめっきすることで、鉄が先にさびるのを防ぐ。

(B)：天然繊維である綿や麻の繊維の主成分は(ス)である。(ス)の繊維は結晶性が高いために強度が大きく、(セ)基を多数もつために親水性も大きい。

合成繊維は、石油を原料として化学的に合成され、大量に用いられている。(ソ)を合成するには、まず触媒を用いて、bアセチレンと酢酸の付加反応によって酢酸ビニルを得る。その酢酸ビニルを付加重合するとポリ酢酸ビニルが得られ、これを加水分解するとポリビニルアルコールになる。このポリビニルアルコールを糸にしたのち、ホルムアルデヒド水溶液で処理して分子中の(セ)基の約30～40%を-O-CH₂-O-のような構造に変化させ、水に溶けないようにする。このようにして得られた(ソ)は、適度な吸湿性をもち、軽く、耐摩耗性に優れている。一方、縮合重合による合成繊維には、6,6-ナイロンがある。

- (1) (ア)～(ソ)に適切な語句を入れよ。
- (2) 下線部 a)と b)で起こる反応を化学反応式で示せ。
- (3) ポリビニルアルコールと6,6-ナイロンの示性式を示せ。
- (4) 付加重合と縮合重合を説明せよ。
- (5) (ソ)が適度な吸湿性を示す理由を述べよ。

問2 容器中に水溶液がある。それが塩化ナトリウム水溶液であることを化学的に確認したい。そのための実験方法を述べよ。どのような結果が得られれば、塩化ナトリウム水溶液であることを確認できるかも説明せよ。

平成21年度工学部前期日程入学試験問題
化学（5枚中5枚目）

注意 問題 4 と 5 については、いずれか一方のみを選択して
解答すること。

5 以下の問1および問2に答えよ。答えは解答用紙の各問の該当する解答欄に記入せよ。

問1 次の文を読み、(1)～(4)に答えよ。

生体内の多くの化学反応は、酵素によって行われている。酵素は化学反応の(ア)として働き、それ自身は反応の前後で変化しない。一般に、a) 酵素は(イ)とよばれる決まった物質にだけ作用する。酵素反応が起こるとき、まず(イ)は酵素の(ウ)とよばれる特定の部分に結合する。次に、(イ)は生成物に変化して酵素から放出される。酵素は、反応の(エ)エネルギーを(オ)することによって、反応をより速やかに進行させる。酵素反応の例として、デンプンは、だ液中のアミラーゼによって主に二糖類の(カ)に分解される。微生物のセルラーゼはセルロースを分解し、二糖類の(キ)ができる。また、インペルターゼは、スクロースを(ク)類である(ケ)とグルコースに分解する。酵素反応は、温度の影響を受けやすく、b) 低温から(コ)温度までは反応速度が大きくなるが、それ以上の温度では小さくなる。

- (1) (ア)～(コ)に適切な語句を入れよ。
- (2) 下線部 a) の性質を何というか答えよ。また、その性質はなぜ生じるのか説明せよ。
- (3) (カ)と(キ)の構造について、共通点と相違点を説明せよ。
- (4) 酵素反応の速度と温度の関係が、下線部 b) のようになる理由を説明せよ。

問2 次の文を読み、(1)～(3)に答えよ。

a) グルコース水溶液に、ある微生物を加えたところ、好気呼吸を行った。この反応は、グルコースの完全燃焼と同じ化学反応式で示される。生物は、呼吸で生じたエネルギーの一部を、アデノシン三リン酸(ATP)の形で蓄える。一方、b) ATPは加水分解されて1.0 molあたり31 kJのエネルギーを放出し、様々な生命活動を維持するために使用される。

- (1) グルコースが完全燃焼するときの熱化学方程式を記せ。ただし、グルコース1.0 molの燃焼熱を2800 kJとし、方程式には物質の状態を付記する必要はない。
- (2) 下線部 a) の反応において、グルコースの燃焼熱と同じ量のエネルギーが発生し、その42%がATPに蓄えられたとする。グルコース1.0 molからつくられるATPの物質量を求めよ。答えは有効数字2桁で示し、計算過程も記すこと。
- (3) 下線部 b) の生命活動の具体的な例を1つあげよ。