

1 次の文章を読んで、下の問いに答えよ。

周期表には元素の周期的性質が現れている。周期表第2周期の元素の内、室温で単体が金属であるものは **ア** と **イ** であり、これら単体の原子間結合は **ウ** による金属結合である。単体が気体である元素は **エ** , **オ** , **カ** , **キ** である。この内ただひとつの原子から形成される単原子分子は **ク** であり、化学的な反応性に乏しいことから **ケ** と呼ばれる。他の3つの気体単体を形成するのに使われる原子間結合の種類は **コ** である。これと同じ種類の結合が多数連続し、巨大分子をつくる元素には **サ** がある。この **サ** の単体には電気的絶縁体である **シ** , 電気の導体である **ス** , およびフラーレンといったものがあり、これらは互いに同素体と呼ばれる。

第2周期において周期的に変わる他の性質として酸化還元力がある。最も還元力の強い元素は **セ** で、例えば水と激しく反応する。一方、最も酸化力の強いのは **ソ** である。この元素も水と激しく反応する。酸化還元力は、原子が電子を獲得あるいは放出しようとする傾向に等しい。気体状の原子が電子を1個放出するのに必要なエネルギーは **タ** と呼ばれ、全体的には周期の左から右へ行くにつれて **チ** なる。この傾向の原因となる因子の一つに原子半径がある。なぜなら、**タ** とは最外殻の電子が **ツ** の静電的な束縛から解放されるのに必要なエネルギーのことであるから、最外殻と **ツ** の距離が大きいほど、つまり原子半径が大きいほど束縛する力は小さくなり、電子放出に要するエネルギーは少なくて済む。その意味では第2周期で最も原子半径が大きい元素は **テ** であり、事実閉殻構造をもつ **ト** を除くと最大の原子半径を有する。

問 1 ～ に適当な語句を入れよ。

問 2 (1)および(2)の反応をそれぞれ化学反応式で記せ。

問 3 周期的性質は一つの族の中でも現れる。アルカリ金属の族において電子を 1 個放出するのに要するエネルギーはどのように変化すると考えられるか。また、その変化の傾向が生まれる原因を簡単に説明せよ。

2

次の問に答えよ。

問 1 次の文章を読み、設問(1)~(4)に答えよ。ただし、気体はすべて理想気体としてふるまうものとする。

容積が一定の反応容器中で水素とヨウ素を混合し 425 °C に保ったところ、ヨウ化水素が生じ、平衡に達した。この反応は $\text{H}_2 + \text{I}_2 \rightleftharpoons 2\text{HI}$ と表せる。平衡時において、水素濃度は $[\text{H}_2] = 1.10 \times 10^{-3} \text{ mol/l}$ 、ヨウ素濃度は $[\text{I}_2] = 1.10 \times 10^{-3} \text{ mol/l}$ 、ヨウ化水素濃度は $[\text{HI}] = 8.30 \times 10^{-3} \text{ mol/l}$ であった。

設問(1) この反応の平衡定数 (K) を $[\text{H}_2]$ 、 $[\text{I}_2]$ 、 $[\text{HI}]$ によって表せ。

設問(2) K の値を有効数字 2 桁で求めよ。

設問(3) 正反応の反応速度は $v_1 = k_1[\text{H}_2][\text{I}_2]$ で、逆反応の反応速度は $v_2 = k_2[\text{HI}]^2$ で表される。ここで k_1 は正反応の速度定数、 k_2 は逆反応の速度定数である。平衡時には正反応と逆反応の速度は等しい。平衡時における k_1/k_2 の値を有効数字 2 桁で求めよ。

設問(4) 上記の化学反応は熱化学方程式では $\text{H}_2 + \text{I}_2 = 2\text{HI} + 17 \text{ kJ}$ と表される。圧力一定で温度を上げると平衡はどうか述べよ。

問 2 容積 10.0 l の反応容器に H_2 と O_2 の混合気体を入れたところ 0 °C で全圧が 15.0 atm であった。これを電気火花で点火することにより水を生成させて O_2 を完全に反応させた。0 °C に冷却した後、反応しなかった H_2 の圧力を測定したところ 6.0 atm であった。反応前には H_2 と O_2 はそれぞれ何 g ずつあったか有効数字 2 桁で求めよ。ただし、 H_2 と O_2 は理想気体としてふるまい、水の水蒸気圧および体積は無視できるものとする。

問 3 水素(気体)、炭素(固体)、およびメタン(気体)の燃焼熱(kJ/mol)はそれぞれ次の値を持つ。

水素 242 炭素 394 メタン 802

これらの値を利用して、メタン生成の熱化学方程式を書け。

3 次の実験について問1から問6に答えよ。

〔実験1〕 操作① フェーリング液3 mlを試験管に入れた後、ホルマリンを2～3滴加えた。

操作② 沸騰石2～3粒を混合液に加えた後、試験管の下部をバーナーの炎に近づけた。

操作③ 試験管の口を人に向けないようにして、突沸に注意しながらおだやかに加熱した。

〔実験2〕 果実やはちみつに含まれる甘味成分である白色粉末Aと、砂糖きびの甘味成分である白色粉末Bをそれぞれ水に溶かしたものを、〔実験1〕操作①のホルマリンの代わりにそれぞれ加えた後、操作②と操作③を行った。

問1 ホルマリンはある物質の水溶液である。この物質の名称を記せ。

問2 実験1のフェーリング液は、何色から何色に変色したか。また生成した変色物質を化学式で記せ。

問3 フェーリング液の変色は、問1の物質のどの官能基によるのか、その官能基の名称と構造式を記して説明せよ。

問4 実験2でAのフェーリング液は変色したが、Bのフェーリング液は変色しなかった。その理由を説明せよ。

問5 実験2で使用した炭水化物AおよびBの名称を記せ。

問6 AとBの粉末をよく見ると無色の結晶であった。これらは水によく溶けたが、食塩や酢酸ナトリウムなどの水溶液とは異なり、電気を通さなかった。このような結晶を何と呼ぶか記せ。

4 次の文章を読んで、問1から問4に答えよ。

ミョウバンは古くから毛織物の染色用として広く用いられてきており、中世のヨーロッパでは基幹産業ともいえるべき毛織物工業において不可欠なものであった。また当時、皮なめしやガラス製造にも多用された。現在では高級紙のサイズ剤^{注1}、防湿剤、泡沫消火剤、皮なめし剤、浄水場での沈殿剤などにも用いられている。

このミョウバン的一种であるカリウムミョウバン **A** は、硫酸カリウムと硫酸アルミニウムの等モル混合水溶液から結晶させると得られる。無色透明の **ア** の結晶で、水に溶かすと、各成分イオンに電離し、 **イ** を示す。カリウムミョウバンのように、2種類以上の塩が結合したような形式で表され、水に溶かすと、その成分イオンに電離する塩を **ウ** という。カリウムミョウバンは密度 1.76 g/cm^3 で甘みと収れん性^{注2}を示す。熱すると約 92°C で結晶水に溶ける。また、カリウムミョウバンを 200°C 程度に熱すると無水和物 **B** となり、焼ミョウバンと呼ばれる。密度 1.97 g/cm^3 で、水によく溶け、カリウムミョウバンより収れん性が強い。

このミョウバンに含まれているアルミニウムは周期表の **エ** 族に属し、**オ** 個の価電子を放出して **オ** 価の陽イオンになる。アルミニウム金属は銀白色の軟らかい軽金属(密度 2.70 g/cm^3) で、熱・電気伝導性が大きく、工業的に酸化アルミニウム **C** を融解塩電解してつくられる。

アルミニウムは、酸にも強塩基にも溶けて水素を発生する。このように反応する性質を **カ** ⁽¹⁾ といい、この性質を持つ元素を **カ** 元素という。アルミニウム金属(単体)は空気中で安定であるため、建材などに使われている。また、アルミニウム金属に銅、マグネシウム、マンガンなどを溶かし込むと、**キ** という硬くて強い合金が得られる。これらは軽合金とよばれ、航空機や建築材料などに利用される。アルミニウムの表面を人工的に酸化して、酸化アルミニウムの被膜を厚く形成させたものを **ク** という。白色粉末状の酸化アルミニウムは、触媒作用や吸着作用が強い。この粉末を焼き固めたものは、半導体集積回路用の放熱基板や電気製品の耐熱材料として広く用いられている。酸

化アルミニウムの結晶は無色透明で、ダイヤモンドについで硬く、電気を通しにくい、熱をよく伝える性質をもつ。ごくわずかな重金属が混入して着色したものにはルビー、サファイヤなどがある。

注1：紙および板紙への液体の浸透に抵抗性を与えるために加える耐水性向上剤

注2：皮膚または粘膜組織のたんぱく質と結合沈殿して被膜を形成し、組織をち密にし、細胞膜の透過性を減少させる性質

問1 ~ にあてはまる適切な化学式を入れよ。

問2 には結晶形を、 には酸性、中性または塩基性のいずれかを、 および ~ には適切な語句を入れよ。また、 と には適切な数字を入れよ。

問3 下線(1)の化学反応式を記せ。ただし、酸として塩酸を、強塩基として水酸化ナトリウムを用いた場合について答えよ。

問4 酸化アルミニウムに関する次の計算問題を解け。

赤鉄鉱(酸化鉄(Ⅲ))と酸化アルミニウムだけを含む混合物試料 1.80 g を水素気流中で加熱したら、赤鉄鉱は鉄 Fe に還元され、酸化アルミニウムは変化せず、生成した固体混合物の重量は 1.50 g であった。最初の試料中のアルミニウム Al の重量パーセントを計算せよ。計算過程を示し、有効数字 3 桁で答えよ。

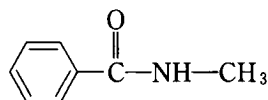
5 次の文章を読んで、問1から問4に答えよ。

単量体が次々に結合する反応を重合といい、重合には不飽和結合を持つ単量体分子が連続的に付加反応をして結合する付加重合と、単量体分子が次々と縮合して結合する縮合重合(または重縮合)とがある。重縮合の方法には、真空下、高温に加熱して行われる加熱重縮合と、2種の原料をそれぞれ溶解した溶液を室温付近で静かに混合させる界面重縮合に大別される。

加熱重縮合は主に、工業的に利用される方法であるが、この方法で高分子量の重合体を得るためには、高純度の原料化合物を厳密に等モルずつ用いることが必要となる。このことは工業的に調節が困難であるので、通常は単量体同士をあらかじめ反応させた化合物を単離精製し、それを原料として合成される。例えば、ポリエチレンテレフタレートは、ジカルボン酸である **A** と2価アルコールである **B** との重縮合により合成される。工業的には **A** のジメチルエステル体1分子と **B** 2分子がエステル交換反応⁽¹⁾して得られる化合物を原料にして合成される。この原料を真空下、280℃付近に加熱し、反応に伴い⁽²⁾産生される副生成物を取り除きながら重縮合を続けることで目的とするポリエチレンテレフタレートが得られる。

界面重縮合はお互いの官能基が極めて反応性の高い場合に用いられる方法であるが、条件さえ整えば実験室でも行うことができる。例えば、6,6-ナイロンの合成には原料として **C** とアミンの **D** が用いられるが、界面重縮合では反応性の高い **C** の二塩基酸ジクロリドを用いる。一方を水と混じらないヘキサンなどの有機溶媒に溶解し、もう一方を、水酸化ナトリウムとともに⁽³⁾水に溶解する。この両者を静かに室温で混合すると、両液相の境界面にフィルム状の6,6-ナイロンが合成される。

問1 文章の **A** ~ **D** に当てはまる化合物の物質名を記し、その示性式を例にならって記せ。



[記入例]

問 2 下線(1)の化合物を合成するための化学反応式を記せ。

問 3 下線(2)の反応における副生成物を答えよ。

問 4 下線(3)の水酸化ナトリウムを加える最も適当な理由を記せ。