

化 学

(問 題)

2012年度

〈2012 H24060015 (化学)〉

注 意 事 項

1. 問題冊子および記述解答用紙は、試験開始の指示があるまで開かないこと。
2. 問題は2～7ページに記載されている。試験中に問題冊子の印刷の乱れ、解答用紙の汚れ等に気付いた場合は、手を挙げて監督員に知らせること。
3. 解答はすべて解答用紙の所定欄にHBの黒鉛筆またはHBのシャープペンシルで記入すること。欄外の余白には何も記入しないこと。
4. 試験が開始されたらただちに、解答用紙の所定欄（2か所）に受験番号および氏名を正確に丁寧に記入すること。
5. いかなる場合でも、解答用紙は必ず提出すること。
6. 試験終了後、問題冊子は持ち帰ること。

I 次の文章を読んで、問いに答えよ。

気体は温度 (T) や圧力 (p) の変化に対応して体積 (V) が大きく変化する性質をもっている。一定温度で気体の体積が圧力に反比例する性質を表したのが **ア** の法則である。また、一定圧力で気体の体積が温度に比例し、 1°C の温度上昇で 0°C における体積の **イ** ずつ体積が増加することを示したのが **ウ** の法則である。気体の体積と温度・圧力との関係を表す式は状態方程式と呼ばれ、 n モルの理想気体に対して $pV = nRT$ (R は気体定数) という式で表される。この式によれば、気体の体積は一定圧力で温度を 0 に近づけると限りなく 0 に近づく。また、一定温度で圧力を高めても限りなく 0 に近づく。理想気体は **エ** の体積が 0 で、分子間力がない仮想的な気体を意味する。実在気体の場合は、高圧や低温で凝結や凝固が起こるので体積は 0 にならない。

物質は温度・圧力に応じて気体・液体・固体の三つの状態 (三態) をとる。縦軸に圧力、横軸に温度をとり、物質の三態がどのような温度・圧力領域で安定であるかを表した図を状態図 (相図) という。気体・液体・固体の三態が同時に存在できる温度と圧力は物質ごとに固有の一定値であり、状態図の中では三重点と呼ばれる点で表される。気体と液体が同時に存在する温度と圧力条件は **オ** 曲線と呼ばれ、三重点から発して、臨界点で終わる。臨界点では気体と液体の密度が等しく、臨界点以上の温度と圧力では気体と液体の区別がなくなり、いくら圧力を高くしても凝縮は起こらなくなる。臨界点以上の温度・圧力条件で存在する物質を **カ** という。

H_2O の場合は、状態図中の三重点は 0.01°C 、 $6.12 \times 10^2 \text{ Pa}$ 、臨界点は 374°C 、 $2.21 \times 10^7 \text{ Pa}$ である。水と氷が共存する圧力・温度条件を表す融解曲線は負の急な傾きをもっている。 CO_2 では、三重点は -56.6°C 、 $5.18 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、臨界点は 31.1°C 、 $7.40 \times 10^6 \text{ Pa}$ である。このことから常圧では液体の CO_2 が存在しないことがわかる。 CO_2 の液体と固体 (ドライアイス) が共存する圧力と温度を表す曲線は正の傾き (縦軸: 圧力、横軸: 温度) をもつ。

問1 **ア** ~ **カ** に適当な語句または数値を書け。

問2 下線部 **a** の法則は、体積の変化だけではなく温度に関する重要な性質を示している。これはどのような性質か、簡潔に書け。

問3 下線部 **b** の式について、体積の単位を L 、圧力の単位を Pa としたときの R (気体定数) の値を求め、有効数字 3 桁で答えよ。また、そのときの R の単位も書け。

問4 実在気体では理想気体の状態方程式を満たさない。その非理想性はしばしば Z という量で表される。1 モルの実在気体について Z を表す式を書け。

問5 次の 1 ~ 4 の条件の中で、実在気体の性質が理想気体にもっとも近いものはどれか。記号で書け。

1. 低温・低圧 2. 低温・高圧 3. 高温・低圧 4. 高温・高圧

問6 ある実在気体を一定温度条件下で圧縮して凝縮させたときの体積変化を、縦軸に圧力、横軸に体積をとった図で描け。

問7 下線部 **c** の数値および下線部 **d** の関係を用いて、縦軸に圧力、横軸に温度をとった CO_2 の状態図を簡略化して描け。状態図中には三態の安定な領域にそれぞれ、気・液・固と記入すること。

問8 CO_2 の液体と固体（ドライアイス）に関する下線部 d の性質から判断して、ドライアイスは液体の CO_2 の中で浮くと考えられるか、沈むと考えられるか。また、ドライアイスを加圧した場合、液化すると考えられるか、それとも液化しないと考えられるか。次から正しいものを選び、記号で書け。

1. 浮く・液化する 2. 浮く・液化しない 3. 沈む・液化する 4. 沈む・液化しない

Ⅱ 次の文章を読んで、問いに答えよ。(ファラデー定数を $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$, Cu の原子量を 63.5 とする。)

電解質の水溶液や融解塩に外部から直流電流を通じ、両極で酸化還元反応を起こさせることを電気分解と呼ぶ。電気分解の際に溶質、溶媒、電極自身のうちもっとも還元されやすい物質が陰極で電子を受けとり、もっとも酸化されやすい物質が陽極で電子を失う。電気分解は工業的にも広く使われていて、たとえば水酸化ナトリウムの製造は塩化ナトリウム水溶液の電気分解により行われる。電気分解は金属の精錬にも用いられる。^a銅の鉱石を還元して作る粗銅は不純物を含む。^b陽極に粗銅を、陰極に純銅を用い、硫酸銅(Ⅱ)水溶液中で電気分解を行うことで陰極に純度の高い銅が析出する。これを^c銅の電解精錬という。またアルミニウムの単体は、ア から得られる酸化アルミニウムと イ を約 ウ °C で融解し、これを炭素電極を用いて電気分解することで製造される。

問1 ア , イ , ウ に適当な語句または数値を書け。

問2 下線部 a の反応を全体のイオン反応式で書け。

問3 下線部 b に関して、銅の原料として用いることができるものを次からひとつ選び、番号で書け。

1. 石英 2. クジャク石 3. 石灰石 4. 石膏 5. ミヨウバン

問4 下線部 c の電気分解における陽極、陰極での反応を、それぞれ e^- を含むイオン反応式で書け。

問5 白金電極を用いて硫酸銅水溶液を電気分解したときの陽極、陰極での反応を、それぞれ e^- を含むイオン反応式で書け。

問6 問5の電気分解で一定の電流を流して30分間電気分解したところ陰極の質量が3.175 g 増えた。この電気分解に必要な電気量と電気分解中に流れた電流を求め、有効数字3桁で答えよ。

問7 アルミニウムの融解塩電解における陽極、陰極での反応を、それぞれ e^- を含むイオン反応式で書け。

問8 銅やアルミニウムのように金属単体が身の回りで使われていることに加えて、2種以上の金属を混ぜ合わせて作る合金も広く利用されている。合金をひとつとりあげ、例にならって書け。

例：(名称) ステンレス鋼 (成分) Fe, Cr, Ni (利用例) 台所用品

問9 アルミニウムが「電気の缶詰」といわれる理由を句読点を含めて20字以内で書け。

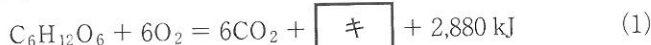
問10 アルミニウムが酸素を引きつける力が強いことを利用して鉄の酸化物を還元することができる。この反応の名称を書け。

Ⅲ 次の文章を読んで、問いに答えよ。

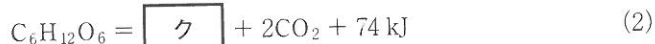
人は食物を食べてエネルギー源としている。その過程を炭水化物を例にとって考えてみよう。デンプンは、単糖である α -グルコースが **ア** 結合によって重合したものである。デンプンは消化の過程において唾液や膵液に含まれる酵素 **イ** などの働きによって次第に重合度の低い物質に分解され、最終的にグルコースが2分子重合した形のマルトースを経て **ウ** の働きによりグルコースにまで分解される。これに対して β -グルコースが **エ** 結合によって重合した **オ** は、木材の主成分であり、地球上でもっとも多い有機分子である。しかし、人はこれをほとんど消化できず、エネルギー源としては利用できない。

ア 結合と **エ** 結合は、どちらもグルコースが鎖状構造をとった時にアルデヒド基を構成する炭素（以下 C-1 と呼ぶことにする）と分子内に複数存在するヒドロキシ基（ヒドロキシル基とも呼ぶ）の間の結合であるグリコシド結合の一種である。C-1 は還元性を示すが、グリコシド結合によってその還元性は失われる。デンプンには **ア** 結合によって重合した1本の鎖状のアミロースの他に、ところどころに **カ** 結合が入ることによって分岐が生じたアミロペクチンがある。

呼吸によってグルコースからエネルギーを得る反応は、酸素によるグルコースの酸化と考えることができる。このときの熱化学方程式は



となる。一方、酸素のない条件でも一部の生物は発酵によりエネルギーを得ることができる。グルコースがエタノールと二酸化炭素になる際の熱化学方程式は



となり、放出されるエネルギーはグルコースが完全に酸化される場合に比べて非常に小さい。グルコースが空気中で燃焼する場合とは異なり、生体の中では、これらの反応により放出されるエネルギーは ADP（アデノシン二リン酸）から ATP（アデノシン三リン酸）を合成するために使われ、この ATP を生体内の様々な反応を進めるために使っている。ATP は次式に従ってエネルギーを放出する。



問1 文中の **ア** ～ **ク** に適当な語句を書け。

問2 グルコースについての以下の記述の中から正しいものをすべて選び、番号を書け。

1. 結晶状態のグルコースは α -グルコースである
2. α -グルコースと β -グルコースの間ではその構成元素の種類と数は変わらない
3. 水に溶けた状態のグルコースは β -グルコースである
4. α -グルコースは環状構造をとり、 β -グルコースは鎖状構造をとる
5. 1分子のスクロースが加水分解されると2分子のグルコースが生じる

問3 グルコースやフルクトースは鎖状構造をとったときにアルデヒド基をもち、還元作用をもつ。この還元作用を実験によって確かめるために使われる反応の名称を2つ書け。

- 問4 アミロースやアミロペクチンの鎖状の構造の中のグルコースの単位には、鎖の中央にあるものと鎖の端にあるものがある。鎖の中央にあるものはC-1が必ずグリコシド結合をしているため還元性をもたないが、鎖の端にあるものは、還元性をもつもの（還元末端と呼ぶことにする）と還元性をもたないもの（非還元末端と呼ぶことにする）がある。100,000個のグルコースが重合したアミロペクチンが4,000箇所の分岐をもっていた場合、このアミロペクチンは還元末端と非還元末端をそれぞれいくつもつか書け。
- 問5 グルコースの完全酸化により放出されたエネルギーがすべてATPの合成に使われると考えた場合、グルコース1分子あたり何分子のATPが合成できることになるか。計算式とともに書け。
- 問6 アルコール発酵によって生じた二酸化炭素の標準状態での体積が112 mlの時、消費されたグルコースは何gか、有効数字2桁で答えよ。計算式も書け。なおグルコースの分子量は180とせよ。
- 問7 生体内において、グルコース1分子から、好気呼吸によっては30分子、アルコール発酵によっては2分子のATPが生成すると考える。式(1)、(2)の反応によって放出されるエネルギーに対してATPとして回収されるエネルギーの比をエネルギー効率と考えた場合、好気呼吸のエネルギー効率はアルコール発酵のエネルギー効率の何倍になるか、有効数字2桁で答えよ。計算式も書け。

〔以下 余 白〕

