

化 学

(問 題)

2011年度

〈2011 H23050015 (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3～7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。

元素の周期性（周期律）は **ア** 世紀後半に **イ** らにより発見された。現在用いられている周期表の族の数は18である。第1周期は2つの族の元素からなる。第2周期、第3周期には **ウ** 族から **エ** 族の元素が存在しない。第4周期以降の **オ** 族から **カ** 族にある元素を遷移元素という。

原子の電子殻は原子核に近いものからK殻、L殻、M殻、N殻などがある。それぞれの電子殻には、さらにエネルギーの異なる電子軌道（副殻）があり、ひとつのs軌道、3つのp軌道、5つのd軌道、7つのf軌道などがある。ひとつの電子軌道には最大で2個の電子が入る。K殻はs軌道のみ、L殻にはs軌道とp軌道、M殻にはs軌道、p軌道、d軌道があり、N殻にはs軌道、p軌道、d軌道、f軌道がある。これらのことから、K殻、L殻、M殻、N殻などのそれぞれの電子殻に入る電子の最大数が定まっていることがわかる。L殻に入る電子の最大数は **キ** 個、N殻に入る電子の最大数は **ク** 個である。内側からn番目の電子殻（K殻は $n=1$ 、L殻は $n=2$ ）に入る電子の最大数をnを用いて表すと **ケ** となる。

一般に電子は内側の電子殻から順に配置されてゆくが、元素によってはM殻のd軌道よりも先にN殻のs軌道に入るものがある。
第4周期の遷移元素の原子の場合、N殻に1個または2個の電子があり、M殻には、5つのd軌道をひとまとめにして数えると、1個以上10個以下の電子がある。

問1 **ア** ～ **ケ** に適当な語句などを書け。

問2 第4周期1族の元素の原子は下線部aの性質をもつ。この原子のM殻とN殻にある電子数を書け。

問3 下線部bの性質をもつ第4周期の遷移元素の原子で、N殻に2個、M殻のd軌道に2個の電子をもつ遷移元素は何か。元素記号で書け。

問4 第4周期10族の元素の原子（N殻の電子は2個）は、K殻、L殻、M殻にそれぞれ何個の電子をもつか。また、この元素名を元素記号で書け。

問5 以下の1～4の化学史上の発見を年代の古い順に左から並べ、番号で書け。

1. 原子核 2. フラーレン 3. 周期律 4. 中性子

Ⅱ 次の文章を読んで、問いに答えよ。原子量は以下の値を用いる。(C = 12, O = 16, Ca = 40)

二酸化炭素は常温、常圧では気体であり、大気中に体積分率で 0.037% 程度含まれている。二酸化炭素は冷却すると **ア** と呼ばれる固体となり、冷却剤に用いられる。

二酸化炭素は実験室では炭酸カルシウムに塩酸を作用させて発生させる。工業的には炭酸カルシウムを強熱してつくる。
a 原料の炭酸カルシウムは石灰岩の主成分であり、私たちの身の回りに豊富に存在する。 b

二酸化炭素の工業利用の一例としてアンモニアソーダ法による炭酸ナトリウムの合成がある。炭酸ナトリウムはガラスなどの原料に用いられる。アンモニアソーダ法では比較的溶解度の小さい **イ** を沈殿させ、これを焼き、炭酸ナトリウムを得る。炭酸ナトリウムは水に溶けて塩基性を示す。

大気中の二酸化炭素は大気圏外への赤外線放射を妨げ、結果として気温を上昇させる効果 (**ウ** 効果) がある。二酸化炭素は水に溶けるので普通の雨水は弱い酸性を示す。一方、二酸化硫黄や二酸化窒素などが溶けて pH がさらに低くなった雨を **エ** という。二酸化硫黄や二酸化窒素は火山活動などにより自然発生するものに加えて、化石燃料を燃焼させるときにも発生する。二酸化硫黄は石油、石炭に含まれる硫黄化合物の燃焼により発生する。二酸化硫黄が水に溶けると **オ** ができる。

問 1 **ア** , **ウ** , **エ** に適当な語句を, **イ** , **オ** に適当な化合物の名称を書け。

問 2 **ア** と同様に分子からなる固体を以下からすべて選び、番号で書け。

- | | | |
|------|------------|-----------|
| 1. 氷 | 2. 炭化ケイ素 | 3. ヨウ素 |
| 4. 金 | 5. 塩化ナトリウム | 6. ダイヤモンド |

問 3 イオン結晶や共有結合性結晶と比べて, **ア** のような分子からなる結晶の特徴として適当なものを以下から選び、番号で書け。

- | | | |
|----------|--------------|--------------|
| 1. やわらかい | 2. かたい | 3. 融点が低い |
| 4. 融点が高い | 5. 電気伝導性が大きい | 6. 電気伝導性が小さい |

問 4 大気に二酸化炭素より多く含まれている気体をすべて化学式で書け。ただし水蒸気は除く。

問 5 下線部 a の反応を化学反応式で書け。

問 6 下線部 b の反応を化学反応式で書け。

問 7 下線部 b の反応で 40.0 g の炭酸カルシウムから発生する二酸化炭素は何 mol か。

問 8 水と下線部 b の反応で形成する固体との反応を化学反応式で書け。

問 9 炭酸カルシウムを主成分とするものを以下からすべて選び、番号で書け。

- | | | | | | |
|---------|--------|-------|-------|--------|-----------|
| 1. 人間の骨 | 2. 卵の殻 | 3. 真珠 | 4. 陶器 | 5. 大理石 | 6. ボーキサイト |
|---------|--------|-------|-------|--------|-----------|

問10 下線部 **c** に関連して、化石燃料の一つであるプロパンの燃焼熱は $2.22 \times 10^3 \text{ kJ/mol}$ である。プロパンの燃焼を熱化学方程式で書け。また $6.66 \times 10^4 \text{ kJ}$ の発熱量をえるために必要なプロパンの量を標準状態の体積で書け。

問11 二酸化硫黄は酸化剤としても還元剤としても作用する化合物である。二酸化硫黄と硫化水素との酸化還元反応を化学反応式で書け。

問12 問11の反応で二酸化硫黄は酸化剤、還元剤のどちらか。

問13 二酸化窒素の特徴として適当なものを以下からすべて選び、番号で書け。

1. 無色 2. 赤褐色 3. 黄色 4. 無臭 5. 刺激臭 6. 腐卵臭

Ⅲ 次の文章を読んで、問いに答えよ。

鎖状の炭化水素の末端にカルボキシル基（カルボキシ基）が1個結合したカルボン酸を脂肪酸という。脂肪酸には、炭化水素基部分に **ア** を含む不飽和脂肪酸と含まない飽和脂肪酸がある。カルボン酸とアルコールが反応すると、エステルを生じる。^a 分子量の大きい高級脂肪酸がグリセリンと反応して生じるエステルは油脂と呼ばれ、生物の体の中で重要な役割を果たしている。例えば、^b 生物の体を外界から隔てる生体膜も油脂の一種から構成されている。生体膜を構成する油脂においては、グリセリンに、炭素数が16から18程度の脂肪酸と、水と親和性をもつリン酸や糖などを含む基が結合していることが多い。^c 油脂の融点は、その油脂を構成する脂肪酸の中に不飽和脂肪酸が多いほど低くなる。生体膜が機能するためには適度な流動性が必要であるため、低温で活動する生物と高温で活動する生物では、生体膜の成分としてもつ油脂を構成する不飽和脂肪酸の比率が異なる。より低温で活動する生物では、脂肪酸のなかで不飽和脂肪酸の比率は一般に **イ** なる。油脂を燃焼させたときに得られるエネルギーは、質量当たりで比較すると炭水化物を燃焼させたときに得られるエネルギーよりも大きく、生物においてもエネルギー貯蔵物質として用いられることが多い。食品として摂取された油脂は、すい液中の **ウ** という酵素によって **エ** と脂肪酸に分解される。また、油脂に水酸化ナトリウムの水溶液を加えて熱すると、加水分解されて **エ** と脂肪酸ナトリウムを生じる。脂肪酸ナトリウムは、油との親和性の高い（疎水性の）炭化水素基と、水との親和性の高い（親水性の）カルボキシル基をもつため、繊維などに付着した汚れを水に分散させるセッケンとして用いられる。セッケンは強塩基である水酸化ナトリウムと **オ** であるカルボン酸の塩であるとなさせるため、その水溶液のpHは通常 **カ** を示す。

問1 文中の **ア** ～ **カ** に適当な語句を書け。

問2 下線部 **a** における反応においてエステルと共に生じる分子の名称を書け。

問3 生体膜を構成する油脂中の飽和脂肪酸について、その大まかな元素組成を、炭素を1として、小数点以下を四捨五入した整数比で表した。その時の酸素の値と水素の値を書け。また、グルコースの元素組成について同様に求めて酸素の値と水素の値を書け。

問4 多くの生物において、細胞の内側と外側は共に水を主体とする成分で満たされている。これを考えると、下線部 **b** に述べられている細胞膜の表面には油脂の分子のどのような部分が向いていると考えられるか、10字以内で書け。

問5 下線部 **c** で述べられている不飽和脂肪酸の割合以外で、油脂の融点に大きく影響する脂肪酸の性質は何か、10字以内で書け。

問6 セッケンの乳化作用によって水中に分散した汚れの構造を以下のように示せ。汚れは一つの丸で、セッケン分子は線で表し、線のどちらの端が親水的な部分でどちらが疎水的な部分かがわかるように図示せよ。

問7 アイスクリームは脂肪を含むため、食品の栄養表示によれば100 g 当たりの熱量は200 kcal 程度とかき氷などと比べて高い。しかし、「冷たいものは、食べたあと体温を元に戻すためにエネルギーを消費するので、案外肥満につながらない」と主張する人がいた。そこで、実際にそれを計算で確かめることにした。 -10°C のアイスクリームを食べ、これが体温の 36°C になる過程で、食品に含まれる熱量(200 kcal/100 g)の一部が消費されると考えた場合、その熱量がアイスクリームの食品としての熱量の何%を占めるかを有効数字1桁で答えよ。ただし、アイスクリームの融解熱や比熱は氷のものと同じと考え、とけたアイスクリームの比熱は水の比熱と同じと考える。また、氷の融解熱は80 cal/g、氷の比熱は水の比熱の半分として計算せよ。なお、カロリーは食品でよく使われる単位で、1 cal は1 g の水の温度を 1°C 上げる熱量と等しい。

[以 下 余 白]