

## 化 学

【注意】化学 問題 I～IVに解答するに当たって、必要があれば次の値を用いよ。

原子量：H = 1.0, C = 12, N = 14, O = 16, Na = 23

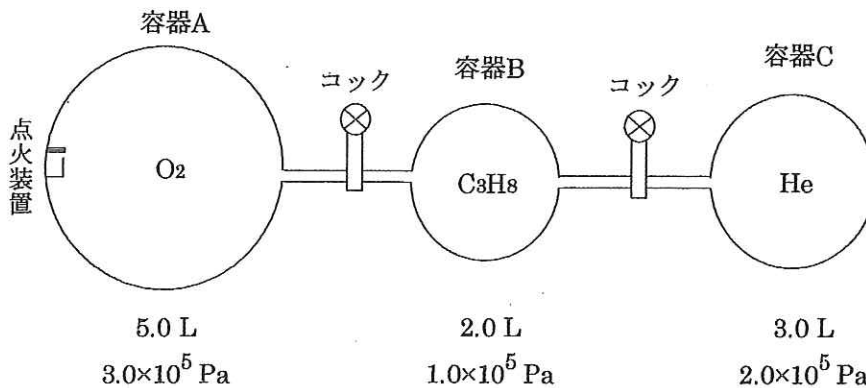
気体定数： $R = 8.3 \times 10^3$  [L·Pa/(K·mol)]

### 化学 問題 I

次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

〔図〕に示すように、耐圧性の3つの容器A, B, Cがコックのついた細管でつながっている。各容器の内容積は、容器Aが5.0 L、容器Bは2.0 L、容器Cは3.0 Lであり、装置全体は絶対温度300 Kに保たれている。最初はすべてのコックが閉じられている。容器Aには酸素 $O_2$ が、容器Bにはプロパン $C_3H_8$ が、容器CにはヘリウムHeが入っており、それぞれの容器内の圧力は $3.0 \times 10^5$  Pa、 $1.0 \times 10^5$  Pa、 $2.0 \times 10^5$  Paである。

ただし、容器の内容積は温度・圧力によって変化せず、連結部分の細管の内容積、点火装置の体積は無視できるものとする。各物質が気体として存在する場合は、理想気体の状態方程式に従うものとし、各気体の混合のみでは化学反応は起こらないものとする。また、液体の体積、液体への気体の溶解はいずれも無視できるものとする。なお、300 Kにおける水の飽和蒸気圧は $3.6 \times 10^3$  Paである。



〔図〕実験装置

- 問1. 容器A内の酸素の物質量は何 mol か。有効数字2桁で答えよ。
- 問2. 容器A内の酸素の質量は何 g か。有効数字2桁で答えよ。
- 問3. 容器AとBをつなぐコック、および容器BとCをつなぐコックを両方とも開いて、各気体が十分に混合されるまで放置した。この時、容器内の圧力に関して、次の(1)、(2)に答えよ。
- (1) 酸素、プロパン、ヘリウムの分圧はそれぞれ何 Pa か。有効数字2桁で答えよ。
  - (2) 混合気体の全圧は何 Pa か。有効数字2桁で答えよ。
- 問4. 問3の操作後に、容器AとBをつなぐコックを再び閉じた後、点火装置により容器A内におけるすべてのプロパンを完全燃焼させた。反応終了後、容器をゆっくり冷却して300 Kに保ち、平衡状態になるまで放置した。この時、容器A内の圧力に関して、次の(1)、(2)に答えよ。
- (1) 酸素、ヘリウム、二酸化炭素、水蒸気分圧はそれぞれ何 Pa か。有効数字2桁で答えよ。
  - (2) 混合気体の全圧は何 Pa か。有効数字2桁で答えよ。
- 問5. 問4の操作後に、容器AとBをつなぐコックを開き、A, B, Cすべての容器内が平衡状態になるまで放置した。この時、容器内の混合気体の全圧は何 Pa か。有効数字2桁で答えよ。

## 化 学

### 化学 問題 II

次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

鉄や銅などの金属元素は(①)が小さく、価電子を放出しやすい性質をもっている。金属の単体では、原子の価電子は離れやすく、その価電子は特定の原子に所属することなく、金属全体を動き回ることができるようになる。この電子を(②)と呼ぶ。(②)のために金属は(③)伝導性、(④)伝導性が大きい。また、(②)による結合には方向性がないため、どのような形になっても結合が壊されにくく、そのため金属は(⑤)性、(⑥)性に富む。

鉄の単体は湿った空気中では、主成分が(⑦)である赤さびを生成する。一方、空気中で強熱すると、主成分が(⑧)である黒さびを生じる。黒さびは鉄の表面を覆って内部を保護し、腐食が進まないようにしている。(⑨)とは腐食しやすい金属の表面を他の金属で覆い、内部を保護する方法である。鉄板に(⑩)を(⑨)したものはトタンと呼ばれ、鉄板に(⑪)を(⑨)したものはブリキと呼ばれる。

ある金属元素に他の金属元素または非金属元素を混合したものを合金という。合金は腐食防止の有力な方法の一つである。また、合金にすることによって、単体では得られない優れた特性を持った金属材料を得ることができる。銅の合金は紀元前から斧・剣・壺などに用いられており、この合金は(⑫)と呼ばれ、銅 Cu とスズ Sn からなる。その他に銅を含む合金としては、亜鉛 Zn を混合した黄銅、ニッケル Ni を混合した白銅、亜鉛 Zn とニッケル Ni を混合した洋銀などがある。また、貨幣である銀貨に用いられる銀 Ag と銅 Cu の合金(以下、銀貨用合金と記す)などもある。

黄銅(Cu-Zn)、白銅(Cu-Ni)、銀貨用合金(Ag-Cu)をそれぞれ硝酸に溶解し、水で希釈した水溶液が3つの別々の容器に入っている。どの容器の水溶液がどの合金を溶解したのか不明なため、以下のような化学操作を行い、各々の容器内の水溶液がどの合金を溶解したのかを調べた。

[操作1] 別々の容器に入っている水溶液をそれぞれ<X>、<Y>、<Z>と名付け、それぞれの水溶液からその一部ずつを取り分けた。取り分けた水溶液にそれぞれ塩化ナトリウム水溶液を加えたところ、<X>だけに白色沈殿が生じた。

[操作2] <X>、<Y>、<Z>の残りの水溶液にそれぞれ硫化水素を通じたところ、<X>、<Y>、<Z>すべての水溶液に黒色沈殿が生じた。沈殿をろ過し、ろ液をそれぞれ<X-1>、<Y-1>、<Z-1>と名付けた。

[操作3] ろ液<X-1>、<Y-1>、<Z-1>を加熱し、硫化水素を追い出した水溶液を、それぞれ<X-2>、<Y-2>、<Z-2>と名付けた。

[操作4] <X-2>、<Y-2>、<Z-2>の水溶液からそれぞれ一部を取り分け、取り分けた水溶液にそれぞれアンモニア水を加えたところ、<Y-2>、<Z-2>から沈殿が生じた。さらに、それぞれにアンモニア水を加えたところ、<Y-2>、<Z-2>から生じた沈殿はいずれも溶解した。<Y-2>から生じた沈殿が溶解した溶液は無色、<Z-2>から生じた沈殿が溶解した溶液は淡い青紫色であった。

[操作5] <X-2>、<Y-2>、<Z-2>の残りの水溶液にそれぞれ水酸化ナトリウム水溶液を加えたところ、<Y-2>、<Z-2>から沈殿が生じた。さらに、それぞれに水酸化ナトリウム水溶液を加えたところ、(A)。

問1. (①)～(⑫)に当てはまる適当な語句または物質の名称を記せ。

問2. <X>、<Y>、<Z>はそれぞれどの合金を溶解したのか。元素記号で記せ。

問3. [操作4]において<Y-2>の水溶液から沈殿が生じた変化をイオン反応式で表せ。

問4. [操作4]において<Y-2>から生じた沈殿が溶解した変化をイオン反応式で表せ。

問5. (A)に入る文として適当なものはどれか。次の(ア)～(エ)から選び、記号で記せ。

(ア) <Y-2>から生じた沈殿だけ溶解した

(イ) <Z-2>から生じた沈殿だけ溶解した

(ウ) <Y-2>、<Z-2>から生じた沈殿はいずれも溶解した

(エ) <Y-2>、<Z-2>から生じた沈殿はいずれも溶解しなかった

## 化 学

### 化学 問題 III

次の文章を読み、問1～問6に答えよ。

分子中にカルボキシ基をもつ化合物をカルボン酸という。分子中に含まれるカルボキシ基の数が1個のものをモノカルボン酸、2個のものをジカルボン酸と呼ぶ。また、カルボン酸のなかには、二重結合をもつ不飽和カルボン酸や、ヒドロキシ基をもつヒドロキシ酸もある。脂肪族炭化水素基にカルボキシ基1個が結合した構造のカルボン酸は、脂肪酸と呼ばれる。炭素原子の数の多い脂肪酸を高級脂肪酸という。

油脂は、三価アルコールであるグリセリンと高級脂肪酸が(①)したエステルである。高級脂肪酸の炭素数が多いものほど油脂の融点は(②)くなり、炭素数が同じ場合に二重結合の数が多いものほど融点は(③)くなる。油脂は、常温で固体の(④)と、常温で液体の(⑤)に大別される。(④)には、構成成分としてパルミチン酸やステアリン酸などの飽和脂肪酸が多く含まれ、(⑤)にはオレイン酸やリノール酸などの不飽和脂肪酸が多く含まれている。(⑤)にニッケルを触媒として水素を付加させると固体になる。このようにして得られた固体の油脂を(⑥)という。

いま、[表]に示す脂肪酸を含む油脂Aがある。この油脂Aを用いて以下の実験を行った。 [表]

[実験1] 1 molの油脂Aにニッケルを触媒として水素を作用させたところ、標準状態で89.6 Lの水素が付加した。

[実験2] 1 molの油脂Aに水酸化ナトリウム水溶液とエタノールを加えて加熱した後、この反応溶液に塩酸を加えて酸性にしたところ、2 molの脂肪酸Bと1 molの脂肪酸Cが得られた。

[実験3] 脂肪酸Bの成分元素の質量百分率は、炭素が77.2%、水素が11.4%であった。

[実験4] 7.1 mgの脂肪酸Cを完全燃焼させたところ、二酸化炭素 19.8 mgと水 8.1 mgが得られた。

	油脂を構成する脂肪酸
(a)	$C_{17}H_{35}COOH$
(b)	$C_{17}H_{33}COOH$
(c)	$C_{17}H_{31}COOH$
(d)	$C_{17}H_{29}COOH$

問1. (①)～(⑥)に当てはまる適当な語句を記せ。

問2. カルボン酸に関する次の(ア)～(カ)の記述のうちから正しいものをすべて選び、記号で答えよ。

(ア) 酢酸ナトリウムに強酸を反応させると、二酸化炭素が遊離する。

(イ) 乳酸のヒドロキシ基をアミノ基に置き換えた化合物は、不斉炭素原子をもつ。

(ウ) アジピン酸は、1分子中にカルボキシ基を2個持つジカルボン酸で、ナイロン66の原料となる。

(エ) 安息香酸は、キシレンを酸化することによって得られる。

(オ) テレフタル酸を熱すると、分子内のカルボキシ基2個から水分子が容易に取れて、無水フタル酸が生じる。

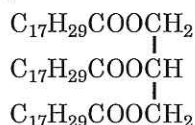
(カ) サリチル酸は、分子中にヒドロキシ基とカルボキシ基の2つの官能基をもつヒドロキシ酸で、塩化鉄(III)水溶液と反応して呈色する。

問3. [実験1]の結果のみから考えられる油脂Aの構造は何種類あるか。ただし、光学異性体も含める。なお、不飽和脂肪酸の幾何異性体については考慮しなくてもよい。

問4. 脂肪酸B、脂肪酸Cは何か。[表]中の(a)～(d)から選び、それぞれ記号で記せ。

問5. [実験1]～[実験4]の結果から考えられる油脂Aのすべての構造を、(例)にならって記せ。なお、不斉炭素原子を含む場合は、不斉炭素原子に\*を付すこと。

(例)



問6. [表]中の脂肪酸(a)のみからなる油脂186 gを完全にけん化するのに必要な水酸化ナトリウムは何gか。有効数字3桁で答えよ。

# 化 学

## 化学 問題 IV

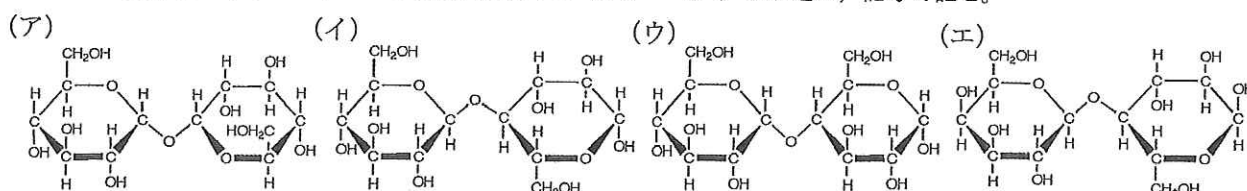
次の文章を読み、問1～問7に答えよ。

主な生体高分子には多糖とタンパク質がある。多糖は単糖が縮合重合してできた高分子化合物である。デンプンはグルコースが ( ① ) グリコシド結合を形成してできる直鎖構造と、( ② ) グリコシド結合により形成される分枝構造から構成されている。一方、セルロースはグルコースが ( ③ ) グリコシド結合した直鎖構造をしている。タンパク質は $\alpha$ -アミノ酸が縮合重合してできたポリペプチド構造を持つ高分子化合物であり、生命活動を支える重要な物質である。多糖・タンパク質ともに、分子量が数千から数百万に及ぶ多様な構造をしており、それらの水溶液の多くはコロイドとなる。このようなコロイド粒子は水和しており、少量の電解質を添加しても沈殿せず、親水コロイドと呼ばれる。無機化合物でもコロイドは存在し、(a) 沸騰水中に塩化鉄(III)水溶液を加えると、その生成物は凝集し赤褐色の疎水コロイド粒子となる。このようなコロイド溶液に少量の電解質を加えると沈殿を生じる。

問1. ( ① ) ~ ( ③ ) に当てはまる結合様式を以下の(ア)～(カ)から選び、記号で記せ。

(ア)  $\alpha$ -1,4- (イ)  $\alpha$ -1,6- (ウ)  $\alpha$ -2,4- (エ)  $\beta$ -1,4- (オ)  $\beta$ -1,6- (カ)  $\beta$ -2,4-

問2. デンプンの分解物であるマルトースの構造式を以下の(ア)～(エ)から選び、記号で記せ。



問3. 下線部(a)で起きる変化を化学反応式で表せ。

問4. [図1]のグリシンとアラニンの構造式を参考にして、グリシン1分子とアラニン1分子からなる3種類のジペプチドの構造式を記せ。ただし、光学異性体やイオンの状態は考慮しなくてもよい。

問5. 次の(ア)～(オ)の記述のうちから正しいものをすべて選び、記号で記せ。

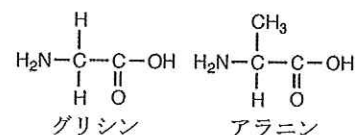
(ア) コロイド溶液に少量の電解質溶液を加えて沈殿させたものがゲルである。

(イ) 疎水コロイドの凝析を妨げる親水コロイドを保護コロイドという。

(ウ) セッケンのように分子が多数集まって作るコロイドを分散コロイドという。

(エ) コロイド溶液に横からレーザー光線当てると光散乱が観察される。

(オ) コロイド溶液を限外顕微鏡で観察すると、コロイド粒子が不規則に動いているのが見える。



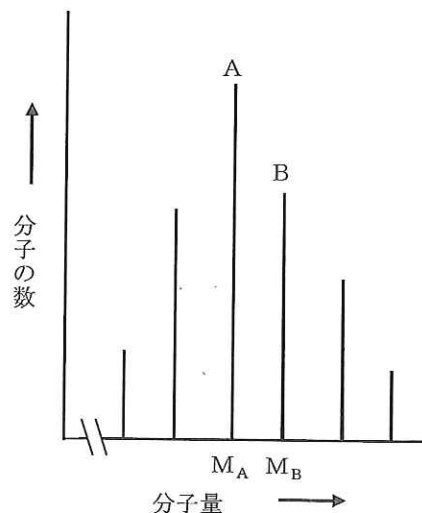
[図1] アミノ酸の構造式

問6. 高分子化合物の分子量測定には浸透圧法が有効である。一定の分子量をもつ高分子化合物0.50 gを水に溶解し500 mLとし、その水溶液の浸透圧を27°Cで測定したところ $1.2 \times 10^2$  Paであった。この高分子化合物の分子量はいくらか。有効数字2桁で答えよ。

問7. 近年、質量分析装置の開発により、生体高分子の分子量が正確に測定できるようになった。そこで、人工タンパク質を合成し、その分子量の測定を試みた。まず、グリシン分子とアラニン分子が交互にペプチド結合した直鎖状の人工タンパク質を合成した。その人工タンパク質は、分子Aや分子Bなど重合度の異なる複数の分子の混合物であった。その人工タンパク質の分子量を質量分析装置で測定して、その測定結果を[図2]のように横軸を分子量、縦軸を分子の数で表示した。分子Aの分子量 $M_A$ は6361であった。

(1) 分子Aの重合度(1分子に含まれるアミノ酸の数)を求めよ。

(2) 分子Bは、含まれるアミノ酸が分子Aよりひとつ多い。分子Bの分子量 $M_B$ はいくらか。整数で答えよ。



[図2] 人工タンパク質の分子量分布