

補 足 説 明

理科（化学Ⅰ・化学Ⅱ）

25ページ3行目

問〔5〕（4）「安息香酸Jを与えた。」とは「安息香酸Jが生じた。」
という意味です。

化学 I・化学 II

すべての気体は理想気体とする。

必要な場合には、次の値を用いよ。

原子量：H = 1.0, C = 12.0, O = 16.0, Na = 23.0

気体定数：8.31 kPa・l/(K・mol)あるいは0.082 atm・l/(K・mol)

1 atm = 760 mmHg = 1.0×10^5 Pa

ファラデー定数： 9.65×10^4 C/mol

注) [1]から[5]は必答問題。[6]は選択問題。[6 A]または[6 B]のいずれか一つを選択し、解答用紙の問題番号左の□を黒く塗りつぶし、その問題のみを解答すること。

例) [6 A]を選択する場合

■ [6 A]

□ [6 B]

(両方とも塗りつぶしたり、あるいは両方とも塗りつぶさなかった)
場合は採点の対象としないことがあるので充分注意すること。)

〔1〕 次のA先生、B君、Cさんの会話文を読み、問1～問5に答えよ。(18点)

A先生：右の表は、地球表面から深さ約16 kmまでの岩石圏、水圏、および気圏に存在する元素の割合を質量百分率で示したものだ。この百分率の値は、報告者の名前にちなんでクラーク数と呼ばれている。

順位	元素記号	クラーク数
1	O	49.5
2	(ア)	25.8
3	Al	7.56
4	(イ)	4.70
5	(ウ)	3.39
6	Na	2.63
7	(エ)	2.40
8	Mg	1.93
9	H	0.83
10	Ti	0.46

B君：クラークという人は、一体どうやってそんなに大きなスケールで元素の存在割合を求めたのでしょうか？

Cさん：地球表面の約7割が海だから、その主成分は水ですね。酸素のクラーク数が高いのは、このことが一つの要因ではないでしょうか。^(a) 他方、水のもう一つの構成元素である水素のクラーク数が9位とそれほど高くないのは、〔(I)〕からです。

B君：周期表と見比べると、クラーク数が5位と8位、6位と7位の元素がそれぞれ同族です。^(b) また、4位と10位の元素は典型元素ではありません。

Cさん：ある胃薬の成分表を見ていたら、8位の元素と1位の元素からなる化合物^(c)がありました。胃酸を中和する働きがあるようですね。さらに調べたところ、この物質は、6位のナトリウムと塩素からなる化合物と同じ結晶構造をしていることを知りました。

A先生：酸素は多くの元素と結びつきやすいんだ。(イ)の単体もそうで、この化学反応^(d)に伴う大きな発熱で暖をとろうというのが簡易カイロだね。この中身を開けて見ると、(イ)の粉が使用前後で黒色から赤褐色に変化したことが確認できる。まったく同じ反応が、酸素を除去して食品の変質を防ぐためにも利用されている。つまり、脱酸素剤だ。

B君：食品といえば、(ウ)の酸化物は水分と容易に化学反応^(e)するので、海苔などの湿気を嫌うものといっしょに包装されていて、湿気取りに役立っています。

Cさん：同じく煎餅^{せんべい}などの湿気取りとして使われているシリカゲルは、(ア)の酸化物です。

A 先生：後半は食品を長持ちさせる話ばかりになったが、目的は同じでもそのやり方には色々な物質の様々な性質が利用されていることをきちんと整理しておこう。

問 1. 下線部(a)で述べていること以外に酸素のクラーク数が大きい理由として、以下から最も適当なものを1つ選び、番号で答えよ。

- (1) 空気の構成成分として主たるものの一つであるから。
- (2) ほとんどすべての生物に水分が多量に含まれているから。
- (3) 気圏の外側にオゾン(O₃)層が存在しているから。
- (4) 多くの岩石に酸素の化合物が含まれているから。
- (5) 人類の活発な活動の結果、CO₂が増加傾向にあるから。

問 2. 水素のクラーク数が大きくない理由について、〔 (I) 〕内に入る適当な語句を解答欄に記入せよ。ただし、語句は10字以上30字以内とし、言葉が正しくつながるように留意すること。

問 3. 下線部(b)の周期表に関する以下の(1)～(5)の記述には誤ったものが2つある。それらの番号を解答欄に記し、正しい記述となるようにそれぞれの波線部を修正せよ。

- (1) クラーク数上位10位以内の元素のうち、酸素のみが周期表の第1周期に属する。
- (2) (エ)の同族元素を含む化合物をガスバーナーの炎に入れると特徴的な発色を呈する。
- (3) 炭素などの14族元素にはクラーク数上位5位以内に含まれるものがある。
- (4) 17族元素の単体は電子を受けとり、他の物質を還元する作用がある。
- (5) 18族元素はクラーク数上位10位以内に含まれていない。

問 4. 下線部(c)の化合物に関する以下の(1)~(5)の記述には誤ったものが2つある。それらの番号を解答欄に記し、正しい記述となるようにそれぞれの波線部を修正せよ。

- (1) この化合物はマグネシウムと酸素の数の比が1 : 1で結合した分子である。
- (2) この化合物中のマグネシウムは、2個の電子を放出して正に帯電している。
- (3) この化合物中のマグネシウムと酸素は二重結合を形成している。
- (4) この化合物の融点はマグネシウム単体の融点より高い。
- (5) この化合物は固体状態では電気を導かないが、融解すれば電気を導く。

問 5. 下線部(d)および(e)の化学反応式をそれぞれの解答欄に記せ。

〔2〕 実験1～実験3について述べた次の文章を読み、問1～問3に答えよ。

(23点)

実験1：電流1.0 Aを38600秒間流して、水酸化ナトリウム40 gを水183.6 gに溶かした水溶液を白金電極で電気分解した。陰極では標準状態で〔ア〕 mlの気体A、陽極では標準状態で〔イ〕 mlの気体Bが発生した。フェノールフタレインを少量加えた1 mol/lの塩酸水溶液20 mlに、上記実験で電気分解し終えた水溶液を〔ウ〕 g以上、かき混ぜながら滴下したところ、無色透明な塩酸水溶液は赤くなった。

実験2：容積448 mlの頑丈な容器に、標準状態で224 mlの気体Aと標準状態で224 mlの気体Bを混合した気体を閉じ込め密閉し、あらかじめ容器内に設置しておいたニクロム線に電流を流して赤熱したところ爆発した。爆発後、この容器の温度を400 Kにしたところ、圧力は〔エ〕 atmとなった。更に、この容器の温度を218 Kにしたところ、圧力は〔オ〕 atmとなった。

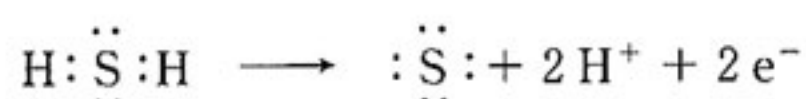
実験3：塩化ナトリウム水溶液を炭素電極で電気分解したところ、陰極では気体A、陽極では気体Cが発生した。

問1. 〔ア〕～〔オ〕に適切な数字を有効数字2桁で記せ。

問2. 気体A、気体Bおよび気体Cを分子式で記せ。

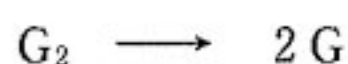
問3. 実験3で気体Cを発生させた反応を例にならって電子式で記せ。

(例) 硫化水素の酸化反応



[3] 次の文章を読み、問 1 ～問 5 に答えよ。(23 点)

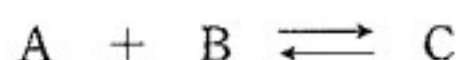
不揮発性の溶質が溶解している希薄溶液の凝固点は、純溶媒の凝固点に比べて低くなる。この凝固点の差である凝固点降下度[K]は、溶質が非電解質であれば溶質の種類にはよらず、溶媒 1.0 kg 中に溶けている溶質の物質量[mol]に比例する。この比例定数は、溶媒の種類によって一定値に決まる。ここで、溶質の物質量は、溶かした物質量ではなく溶けている物質量であることに注意すべきである。例として、不揮発性の分子 G_2 をある溶媒に溶かした溶液を考える。溶液中で



の反応が起こり、 G_2 がすべて G に分解しているとする。このとき、上で述べた溶媒固有の比例定数を用いて溶液の凝固点降下度を求めるならば、 G_2 ではなく、 G の物質量[mol]を用いなければならない。

不揮発性の非電解質の溶質 A, B, C が溶解している希薄溶液を考える。溶媒 S の凝固点降下の比例定数は知られており、質量 1.0 kg の溶媒 S 中に 1.0×10^{-1} mol の溶質が溶けている場合の凝固点降下度は 2.5×10^{-1} K である。溶質 A を M_A [g] はかりとり、 5.0×10^{-1} kg の溶媒 S に溶かした溶液の凝固点降下度は、 5.0×10^{-1} K であった。

一方、溶質 A を M_A [g] はかりとり、1.0 kg の溶媒 H に溶かした溶液 I の凝固点降下度は 2.0×10^{-1} K であった。また、溶質 B を M_B [g] はかりとり、1.0 kg の溶媒 H に溶解した溶液 II の凝固点降下度も 2.0×10^{-1} K であった。この溶液 I と溶液 II を混合した混合溶液 III の体積は 2.0 l で、凝固点降下度は 2.0×10^{-1} K より小さかった。その理由は、溶質分子 A と B が反応し、C が生じる化学平衡



があるからである。この混合溶液の凝固点近傍での平衡定数を K_H [l/mol] とする。

すべて大気圧のもとで考えることにする。なお、どの溶液も凝固点以上の温度では溶質は完全に溶解しているとする。また、溶液が凝固するとき、その凝固物は溶媒分子のみからなる固体である。すべての溶液中で上記以外の反応はおこらないものとする。

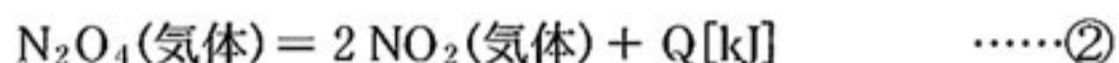
- 問 1. M_B [g]の溶質 B の物質量[mol]を求め、有効数字 2 桁で答えよ。
- 問 2. 質量 10 kg の溶媒 H に非電解質の溶質が 1.0 mol 溶けている溶液の凝固点降下度[K]の値を求め、有効数字 2 桁で答えよ。
- 問 3. 混合溶液Ⅲ中の A の濃度を x_A [mol/l]としたとき、平衡定数 K_H [l/mol]を x_A の式で表せ。
- 問 4. 混合溶液Ⅲの溶媒 1.0 kg あたりの 3 種類の溶質 A, B, C の物質量の合計を n [mol]とする。物質量 n [mol]を x_A の式で表せ。
- 問 5. 混合溶液Ⅲの凝固点降下度[K]をはかったところ、 1.5×10^{-1} Kであった。平衡定数 K_H [l/mol]を求め、有効数字 2 桁で答えよ。

〔4〕 次の文章(1)および(2)を読み、問1～問4に答えよ。(20点)

(1) 四酸化二窒素(N_2O_4)が分解して、二酸化窒素(NO_2)になる気体反応は可逆反応であり、式①で表すことができる。



問1. 式①の反応にともなう熱の出入りは、次の熱化学方程式②で表すことができる。



N_2O_4 (気体)と NO_2 (気体)の生成熱をそれぞれ -9.2 kJ/mol 、 -33.2 kJ/mol とする。式②の熱化学方程式における $Q[\text{kJ}]$ を求めよ。

問2. 式①の反応が平衡状態にあるとき、次の(i)～(v)の操作を行った。このとき、平衡はどのように移動するか。(a)～(c)の中から1つを選び記号で答えよ。

〔操 作〕

- (i) 温度を一定に保ち、圧力を加える。
- (ii) 温度と体積を一定に保ち、希ガスを加える。
- (iii) 圧力を一定に保ち、加熱する。
- (iv) 温度と圧力を一定に保ち、希ガスを加える。
- (v) 触媒を加える。

〔平衡の移動〕

- (a) N_2O_4 (気体)の分解の方向に移動する。
- (b) N_2O_4 (気体)の生成の方向に移動する。
- (c) どちらにも移動しない。

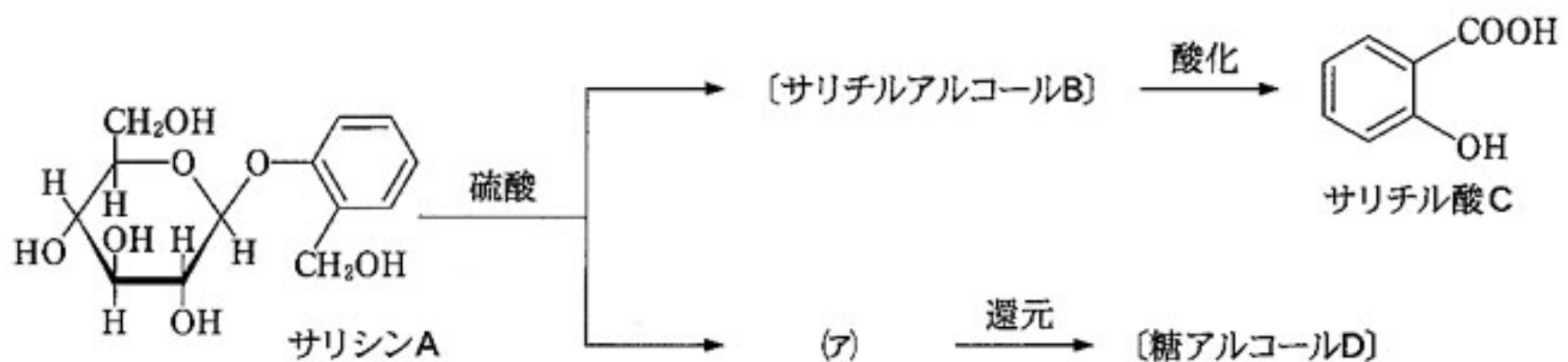
(2) $8.0 \times 10^{-2}\text{ mol}$ の N_2O_4 (液体)をあらかじめ真空にしておいた容積 1.0 l の容器の中に入れ、温度を 313 K に上昇させた。このとき N_2O_4 はすべて蒸発し、 N_2O_4 (気体)の20%が NO_2 (気体)に分解して平衡状態^(a)になるとする。

問 3. 下線部(a)における NO_2 (気体)の分圧は全圧の何パーセントか。有効数字 2 桁で答えよ。

問 4. 下線部(a)における圧平衡定数 [Pa] を有効数字 2 桁で答えよ。

〔5〕 サリチル酸に関する次の文章(1)~(4)を読み、問1~問7に答えよ。なお、構造式はサリシンA及びサリチル酸Cにならって記せ。(23点)

- (1) ヤナギの樹皮に含まれるサリシンAを硫酸で加水分解すると、サリチルアルコールBと〔ア〕が生成した。サリチルアルコールBの第1級アルコールを酸化すると、サリチル酸Cが生成した。また、加水分解により生成した〔ア〕は、水溶液中では〔イ〕種類の異性体の平衡状態として存在し、これに水素化ホウ素ナトリウムなどの還元剤を加えると、〔ア〕の〔ウ〕基が還元されて糖アルコールDが生成した。



- (2) サリチル酸Cはフェノールにナトリウムを作用させて生成したナトリウムフェノキシド^(a)を高温、高圧下、二酸化炭素と反応させて生成したサリチル酸ナトリウムに硫酸を作用させると生成する。また、フェノールに水酸化カリウム^(b)を作用させて生成したカリウムフェノキシドを同様に反応させると、サリチル酸Cとパラヒドロキシ安息香酸Eが生成する。

- (3) サリチル酸Cに無水酢酸^(c)を作用させて生成するアセチルサリチル酸Fは解熱、鎮痛薬として使用される。また、サリチル酸を〔エ〕中で硫酸を触媒として加熱すると、サリチル酸メチルGが生成する。このサリチル酸メチルGをアンモニアと反応させると、分子内にアミド結合をもつサリチルアミドHが生成する。サリチル酸メチルGは消炎、鎮痛作用を示し、サリチルアミドHは解熱、鎮痛作用を有する医薬品である。

(4) 炭素, 水素, 酸素からなりベンゼン環を含む分子量 108 の化合物 I の試料 2.16 g を完全に燃焼させたところ, 二酸化炭素 6.16 g, 水 1.44 g を生じた。さらに, 化合物 I を酸化すると安息香酸 J を与えた。化合物 I にはベンゼン環を含む 4 種類の異性体, 化合物 K, L, M, N が存在する。化合物 K は酸化されにくい, 化合物 L, M, N は酸化され, 化合物 L からはサリチル酸 C が, 化合物 M からはパラヒドロキシ安息香酸 E が得られた。

問 1. 文中の〔ア〕～〔エ〕に適切な語句または数字を記せ。

問 2. サリチルアルコール B 及び糖アルコール D の構造式を記せ。

問 3. 1.43 g のサリシン A (分子量 286) から何 g のサリチル酸 C (分子量 138) が得られるか計算し, 有効数字 2 桁で答えよ。

問 4. 文章(2), 下線部(a)におけるナトリウムフェノキシドの生成, および下線部(b)におけるカリウムフェノキシドの生成を化学反応式で記せ。

問 5. 文章(3), 下線部(c)の無水酢酸の加水分解を化学反応式で記せ。また, サリチルアミド H の構造式を記せ。

問 6. 化合物 I の分子式を記せ。また, 化合物 N の名称及び化合物 K の構造式を記せ。

問 7. 化合物 A～N の中で塩化鉄(Ⅲ)と呈色反応を示さない化合物を解答欄に記号で記せ。また, 呈色反応を示さない理由を 24 字以内で記せ。

〔 6 〕 (選択問題) (18 点)

〔 6 A 〕または〔 6 B 〕のいずれか一つを選択し、解答せよ。

〔 6 A 〕 植物がつくる化合物に関連した以下の文章を読み、問 1 ～問 3 に答えよ。

植物は、光合成により、二酸化炭素と水から、グルコースやデンプンなどの糖類を合成している。その際、〔ア〕が生成し、動物などの呼吸に利用される。動物は、糖類を分解して得たエネルギーを生命活動に利用しているが、これは糖類の分解を〔ア〕を用いて促進する酸化反応である。これに対して、光合成反応は、二酸化炭素の〔イ〕反応である。

植物が生産する糖類のうち、デンプンやセルロースは、グルコースを基本単位とする多糖類であり、このグルコース単位には、〔ウ〕個のヒドロキシ基がある。ほとんどの植物に含まれる〔エ〕は、〔イ〕性をもたない二糖類である。グルコース溶液からつくられる異性化糖は、グルコースを〔オ〕に変化(異性化)させることで甘みを増している。

生物の遺伝情報を伝達する役割を果たす核酸は、糖と〔カ〕とのエステルで、鎖状の重合体として骨格構造を形成し、糖の部分に塩基が置換基として共有結合したものである。核酸の塩基は、環状構造をとっており、炭素、水素、酸素、〔キ〕の元素からなる。DNA 分子では、二本の鎖中の塩基の間で〔ク〕結合により結びあわさって二重らせん構造をとっている。

動物は、植物が生産する油脂もエネルギー源として利用する。油脂は、〔ケ〕と脂肪酸のエステルである。油脂にメタノールと触媒を加えて生成させた脂肪酸のメチルエステルは、^(b)軽油代替燃料として用いられる。油脂や脂肪酸のメチルエステルを水酸化ナトリウム水溶液で加水分解すると、〔コ〕ができる。

問 1. 文中の〔ア〕～〔コ〕に適切な語句を記せ。ただし、〔ウ〕には数字を入れよ。

問 2. 下線部(a)において、光合成によってグルコース($C_6H_{12}O_6$)が生成する反応式を記せ。

問 3. 下線部(b)において、ある種類の脂肪酸(分子量：282)のみからなる油脂を使って 592 g の脂肪酸のメチルエステルが生成したとき、何 g のメタノールが反応したか計算せよ。有効数字 3 桁で答えよ。

〔6 B〕 下記の化合物(1)~(10)に関する問1および問2に答えよ。

- | | | |
|--------------|-----------|-------------|
| (1) 乳酸 | (2) ラクトース | (3) オレイン酸 |
| (4) 天然ゴム | (5) グルコース | (6) グリシン |
| (7) フェニルアラニン | (8) アジピン酸 | (9) 卵白アルブミン |
| (10) マルトース | | |

問1. 下記の文章1)~10)は、上記の化合物(1)~(10)に関する記述である。下線部(a)~(j)の記述は誤りである。適切な語句あるいは数字を解答欄に記せ。

- 1) 乳酸はヒドロキシ酸の一種であり、立体的な配置が実体と鏡像の関係にある幾何異性体^(a)が存在する。
- 2) ラクトースは腸内で酵素ラクターゼの働きにより、アミロースとガラクトース^(b)に分解されて吸収される。
- 3) オレイン酸のエステル結合^(c)に水素を付加し飽和脂肪酸に変化させると、融点が高くなる。
- 4) 天然ゴムはエチレン^(d)が重合した化合物である。
- 5) グルコースは分子中にケトン基^(e)があるので還元性を示す。
- 6) グリシンは炭素原子を3^(f)個含む化合物である。
- 7) フェニルアラニンは分子中にニトロ基^(g)とカルボキシル基をもつ双性イオンである。
- 8) アジピン酸はカルボキシル基を3^(h)個もつ飽和カルボン酸である。
- 9) 卵白アルブミンは加熱や強酸などの作用により本来の立体構造が変化する。この現象を塩析⁽ⁱ⁾という。
- 10) マルトースは α -グルコースが脱水縮合した単糖類^(j)である。

問 2. 上記の化合物(1)~(10)の中から，次の(ア)~(ク)に該当するものをすべて選

び，番号で答えよ。ただし，同じ化合物を何度選んでもよい。

- (ア) ヒドロキシ基 1 個とカルボキシル基 1 個をもつ。
- (イ) カルボキシル基 1 個とアミノ基 1 個をもつ。
- (ウ) 天然高分子化合物である。
- (エ) 水溶液に濃硝酸を加え，加熱すると黄色に呈色する。
- (オ) ナイロン 66 の原料である。
- (カ) チロシンと結合してジペプチドを生じる。
- (キ) ビウレット反応により，赤紫色に呈色する。
- (ク) 不斉炭素原子を 1 個もつ。