

とやま科学オリンピック **2022**

高 校

化学分野

# 筆 記 問 題

2022年8月11日(木)

時間:9時20分～10時10分(50分)

## 注意事項

1. 指示があるまで、問題冊子を開かないで、以下の注意事項をよく読むこと。
2. 問題は5ページあります。
3. 筆記問題は、チームで協力して行います。
4. 机の上に置けるものは、「大会参加にあたって」で定められたものと与えられた実験器具のみとします。
5. 解答はすべて解答用紙に記入し、解答用紙はチームで1部提出すること。
6. 参加番号を解答用紙の決められた欄に記入すること。
7. 途中で気分が悪くなった場合や、トイレに行きたくなった場合には、すぐに申し出ること。

みなさんの健闘を期待しています。

富山県 富山県教育委員会

このページに 問題はありません

1 次の文に関する各問いに答えなさい。

太郎君は 0.1% NaCl 水溶液と 10% NaCl 水溶液をつくって、それぞれ同じ種類の容器に入れて保存しておいたが、ラベルに濃度を書くのを忘れたので、濃度の高い溶液がどちらかわからなくなってしまった。

溶液は両濃度とも多量につくったので、これらの一部を用いてどちらが濃度の高い溶液か実験的に調べようと考え、顧問の花子先生に、判別する実験の計画について相談した。使用できる器具や試薬などは以下に示した通りである。

〔使用できる器具，試薬など〕

- ・ 200 mL ビーカー(2つ) ・ 電子天秤 ・ ガラス棒
- ・ 100 mL メスシリンダー ・ ホットプレート ・ 炭素電極 ・ 電流計
- ・ 乾電池 ・ 導線 (リード線) ・ 葉さじ ・ 葉ほう紙
- ・ デジタル温度計 (測定範囲  $-50\sim 300\text{ }^{\circ}\text{C}$ , (表示される温度の最小値は  $0.1^{\circ}\text{C}$ ))
- ・ NaCl ・ 鉄板 ・ 銅板 ・ 純水

太郎：2種類の溶液の密度が異なれば、それぞれの溶液に中間の密度の固体を入れて、その浮き沈みで濃度の違いを判断できると考えたけれど、用意したものの中で浮き沈みする適当なものはないですね。

先生：でも、それぞれの溶液の密度の測定は簡単にできるよね。(①)で一定体積の溶液を量りとり、その質量を(②)で量れば計算できる。しかし、溶液の区別ができる程度の密度の差があるかは、これとは別にそれぞれ正確な濃度のNaCl水溶液を新たにつくって密度を調べることから始めるといいと思うね。

密度とは別の方法だけれど、a 一定量の溶液をそれぞれ別の容器にとって、あとどれくらいNaClが溶けるか調べてもいいよね。

太郎：なるほど。濃度の高い方は低い方に比べて、飽和溶液にするのに

(③ 多量, 少量)のNaClを加えることになるので区別できますね。

先生：別の方法も考えてみよう。加熱する器具があるから、b 一定量の溶液から水を蒸発させて、残ったNaClの質量を量ってみたらどうかな。そうすれば、それぞれの溶液の濃度を正確に算出することが可能になるよ。

太郎：食塩水の沸点は純水よりも高いと聞いたことがあるのですが、沸点を測ったらどうでしょうか。

先生：確かに、純水よりも水溶液の方が沸点は高くなるけれど、変化した温度が測定可能かどうかは計算しないとイケないね。NaClは水溶液中で完全に電離しているとして計算してみよう。

10% NaCl 水溶液をつくるには、1000 g の水に (ア) g の NaCl を溶かす。NaCl の式量は 58.5 なので、総イオン数は  $\frac{(ア)}{58.5} \times (イ) \text{ mol}$  になる。

1000 g の水に溶質 (イオンや分子) が 1 mol 溶けていると 0.52 °C 沸点が上昇するので、温度計で沸点が上昇したことを確かめることが可能だね。ただし、これは希薄溶液に関する場合で、しかも加熱中に水が蒸発せず濃度が変化しないことが前提だから、実際の実験値は計算値からは少しずれると思うよ。

一方、0.1% NaCl 水溶液では 1000 g の水の中の総イオン数は 0.034 mol なので、1 気圧での 0.1% NaCl 水溶液の沸点は、(ウ) °C となり、用意した温度計では沸点が 100 °C から上昇したことを確かめるのが難しい。この違いから、沸点の測定を行えば、これら水溶液の区別が可能なのことがわかったね。

太郎：他の方法として、電池と炭素棒があるので、電気伝導性を比較してみたらどうでしょうか。炭素棒を電極にして電圧をかけて溶液の電気分解を行って、流れる電流を測ることはできますね。

先生：電気分解は短時間でも、濃度の高い溶液と低い溶液を判別できるかもしれない。ただ、この場合気をつけなくてはいけないことがあるね。

太郎：どんなことでしょうか。

先生：陰極では気体の (④) が発生し、陽極では有毒な気体の (⑤) が発生するね。(⑤) は水に少し溶解するが、大気中にも拡散するよ。

太郎：換気の良い場所や排気装置のついた所での実験が望ましいですね。

先生：それから、これは実際に試してみるといいと思うけれど、NaCl 水溶液中の鉄や銅の腐食の度合いや、これら金属の酸化による生成物の違いが、NaCl 濃度によって変わるかもしれない。時間はかかるけれど、変化の観察はおもしろいよ。

太郎：NaCl 水溶液中に鉄を入れて、鉄の錆びやすさを比較するのですね。でも、銅は鉄に比べて錆びにくい金属なので、錆びやすさの比較実験には使えないのではありませんか。

先生：意外かもしれないが、銅は NaCl 水溶液中で錆びていくよ。NaCl 水溶液に空気中の (⑥) が供給され、金属の酸化反応が起きる。純水中では (⑥) が溶けていても銅は錆びにくいですが、塩化物イオンがあると錆びやすくなることが知られているね。

太郎：塩化物イオンがあるだけで銅が錆びやすくなるとは、おもしろいですね。こんな簡単な濃度を見分ける問題にも、多くの方法を考えることができてびっくりしました。

先生：塩化物イオンの濃度を滴定によって測定する方法もあるけれど、それはまた、別の機会に一緒に行おうね。

さて、今朝、キュウリを食塩につけて「浅漬け」を作って持ってきたけれど食べるかな。

太郎：ありがとうございます。キュウリの浅漬け大好きです。そうだ、この漬物って(⑦ 蒸気圧, 大気圧, 浸透圧)を利用していますよね。これも、NaCl濃度の判断に利用できませんか。

先生：とても良いことに気がついたね。キュウリも用意して、早速いろいろ試してみよう。

(参考：化学グランプリ 2021 二次選考 問題 4)

問1 ①～⑦に適する語句を書きなさい。①と②は〔使用できる器具, 試薬など〕から選び、③と⑦は( )内の語句から適するものを選びなさい。

問2 (ア)は小数第1位を四捨五入した整数値を、(イ)は整数値を、(ウ)には小数第4位を四捨五入した小数第3位までの数値を書きなさい。

問3 下線部 a, b に関して、次の(1), (2)に答えなさい。

(1) 下線部 a は「あらたに NaCl を加え、全て溶けるか、溶け残るか」による判別方法である。実験中の水溶液の温度は 20 °C とし、このときの NaCl の水への溶解度<sup>\*</sup>を 36 とする。溶液の判別のために用いる食塩水の量を決め、そこに加える NaCl の量を計算しなさい。なお、その量とした根拠も解答に示すこと。

※溶解度：一定温度で溶媒 100 g に溶解する物質の最大質量 [g] を、単位をつけずに数値のみで表したもの

(2) 下線部 b は「もともと含まれている NaCl を正確に量る」ことによる判別方法である。使用器具および実験計画を具体的に示し、その実験を行った結果がどうなると予想されるかも書きなさい。

2 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。

原子量 C=12, O=16, Ca=40 とし、石灰石は炭酸カルシウムのみから成るとして計算すること。

夏休みの課題で読書をしていた花子さんは、ある本の記事に目が留まった。  
(以下は、その記事の概要である。)

---

富山県中新川郡立山町にある立山連峰を源流とする (ア)「称名滝」の水質は pH 4.0 として知られている。これは上流の火山ガスの影響を受けたものである。(イ)このような酸性河川を私たちの生活でそのまま活用した場合、どのようなことが懸念されるか。

・ そのままでは魚などの生物が生育できない

・

・

\*このような酸性の河川水を活用するため、酸性河川の水に毎日 10 t の石灰石の粉末を加えて中性に近づける事業が行われているところがある。この事業からは、大量の二酸化炭素が発生している。

---

参考：富山市科学博物館 とやまサイエンストピックス No. 442 称名滝の水の酸性度  
国土交通省 品木ダム水質管理所 中和事業

<https://www.ktr.mlit.go.jp/sinaki/sinaki00017.html>

この記事を読み終えた花子さんは、二酸化炭素が地球温暖化の原因となることを思い出し、植林をすれば光合成により大気中に放出される二酸化炭素が植物に吸収・消費される（炭素固定という）ので、この事業から発生する二酸化炭素の影響を抑制できるのではないかと考えた。実際に、植林するとどのくらいの量の二酸化炭素が固定できるのか調べてみると、二酸化炭素の年間固定量が 14 kg/年である樹木 A がみつかった。

### 問 1

- (1) 下線部 (ア) について、河川の pH は、必ず一定値をとるわけではなく、測定した日によって変動している。測定値が pH 4.0 よりも小さい値を示したとき、どのようなことがあったと考えられるか答えなさい。
- (2) 下線部 (イ) について、「そのままでは魚などの生物が生育できない」以外の懸念される点を具体的に2つ答えよ。解答内容が重複しないように答えること。

### 問 2

- (1) 酸性河川に含まれる酸を硫酸と塩酸のみとした場合、石灰石を加えると二酸化炭素が発生する。石灰石の主成分である炭酸カルシウムと硫酸との反応、塩酸との反応をそれぞれ二酸化炭素が発生する化学反応式で答えよ。
- (2) 石灰石の消費量が毎日 10 t (10000 kg) であるとき、この事業から発生する二酸化炭素は何 kg になるか計算して答えなさい。

問 3 以下の問いに答えなさい。なお、1 年を 365 日とし、解答は次の例にならって有効数値 2 桁で答えなさい。

(例)  $0.001234 \div 1.2 \times 10^{-3} \quad 558300 \div 5.6 \times 10^5$

- (1) 樹木 A は一日当たりになると何 kg の二酸化炭素を固定するか。
- (2) 樹木 A の植林で、この事業から1年間に発生する二酸化炭素をすべて吸収させて植物体に固定させようとするのとどれくらいの本数を植林する必要があるか。

### 問 4

花子さんは大気中に放出してしまう二酸化炭素を植林により軽減できないかと考えた。大気中の二酸化炭素をこれ以上増加させないためには、花子さんの考え以外にどのような方法があるだろうか。あなたや家族が家庭でできることを考え、3つ書きなさい。ただし、なぜそれが二酸化炭素の軽減につながるのかを説明すること。

解答欄の枠内を用いて自由に解答して良い。(図や絵を用いても可)

以下の点を考慮して解答すること。

- ・家庭で実現可能・持続可能な方法であるか。
- ・エネルギー収支の観点から、ちゃんと二酸化炭素の軽減になっているか。  
(大量の電力を使用するなど無理な方法になっていないか)
- ・内容が重複していないか。

