

———— ← ホチキス止め → ———— ← ホチキス止め → ————

化学グランプリ 2013

二次選考

レポート冊子表紙

主催

日本化学会

「夢・化学 - 21」委員会

共催

科学技術振興機構 (JST)

東北大学大学院理学研究科

東北大学大学院工学研究科

東北大学高等教育開発推進センター

高等学校文化連盟全国自然科学専門部

参加番号

氏名

1. 残留塩素の定量

問1 それぞれの飲料水中の残留塩素濃度 (mg/L) を答えなさい。

飲料水 A
(mg/L)

飲料水 B
(mg/L)

飲料水 C
(mg/L)

問2 塩素が水中で殺菌作用を示す原理を、化学反応式を交えて説明しなさい。

--

問3 カルキ抜き (脱塩素) の手法として、下記 (3-A) ~ (3-C) はいずれも有効で、家庭でもよく行われている。それぞれの手法の原理を説明しなさい。

(3-A) 炭を入れる

(3-B) レモン汁を入れる

(3-C) 沸騰させる

(3-A)

(3-B)

(3-C)

参加番号

氏名

2. 陰イオンの定量

問4 それぞれの飲料水中の塩化物イオン濃度 (mg/L) を答えなさい。蒸留水で 2 倍に希釈していることに留意すること。

飲料水 A

(mg/L)

飲料水 B

(mg/L)

飲料水 C

(mg/L)

問5 実験 2-1 (塩化物イオンの定量) の測定原理は、難溶性の塩の生成 (沈殿生成) と生成した沈殿への色素の吸着が利用されている (ファヤンス法と呼ばれる沈殿滴定)。次の問いに答えなさい。

(1) 沈殿生成に用いる試薬は硝酸銀で、塩化物イオンと反応して白色の疎水性コロイドを生成する。沈殿が生成するイオン反応式を書きなさい。

(2) 終点の検出には、フルオレセインと呼ばれる色素が用いられており (図 2.1)、この色素が沈殿に吸着することで、色が変わることが利用される (吸着指示薬と呼ばれる)。興味深いことに、色素の沈殿への吸着は、当量点の前では起こらず、当量点を過ぎると初めて沈殿に吸着することができる。この理由について説明しなさい。なお、当量点とは、分析成分 (ここでは塩化物イオン) と過不足なく反応する量の滴定剤 (ここでは硝酸銀) が加えられた点をいう。

参加番号	氏名
------	----

問6 それぞれの飲料水中の硫酸イオン濃度 (mg/L) を答えなさい。ただし、定性分析 (実験 2-2) のみ行った試料は、硫酸イオン濃度を 0 mg/L として解答すること。

飲料水 A	飲料水 B	飲料水 C
(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)

問7 硫酸イオンの定量は、塩酸酸性下で検水に塩化バリウムを加え、硫酸イオンと反応して生じる難溶性の硫酸バリウム粒子により、溶液の濁度が増加することを利用している (比濁法)。硫酸バリウムの溶解度積 K_{sp} を $1.0 \times 10^{-10} \text{ [(mol/L)}^2]$ (25°C) として、次の問いに答えなさい。

(1) 硫酸バリウムの純水に対する溶解度 (mol/L) を計算しなさい (25°C)。計算過程も記しなさい。

溶解度	
(mol/L)	
計算過程	

(2) 実際に硫酸イオンを定量する際には、検水中に塩化バリウムが過剰に存在している。いま仮に、バリウムイオンが 0.010 mol/L 過剰に存在しているとすると、このときの硫酸バリウムの溶解度 (mol/L) を計算しなさい (25°C)。計算過程も記しなさい。

溶解度	
(mol/L)	
計算過程	

参加番号	氏名
------	----

3. 陽イオンの定量

問 8 次の問いに答えなさい。計算のために必要な場合には、以下の数値を使用すること。

原子量 H = 1.0 C = 12.0 O = 16.0 Na = 23.0 S = 32.1 Cl = 35.5
 K = 39.1 Ca = 40.1

(1) パックテスト (実験 3-1) の結果から求めたそれぞれの飲料水の全硬度 (mg/L) を答えなさい。

飲料水 A	飲料水 B	飲料水 C
(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)

(2) キレート滴定 (実験 3-2) の結果より、飲料水中のカルシウムイオンとマグネシウムイオンの合計濃度 (mol/L) および全硬度 (mg/L) を有効数字 3 桁で答えなさい。ただし、全硬度を計算する際には、滴定で求められた合計濃度が全てカルシウムイオンに由来するものと考えること。また、計算過程も記しなさい。

*キレート滴定を行わなかった飲料水については、解答欄に「キレート滴定を行わなかった」と答えること。また、滴定を 2 回行った場合には、2 回目の滴定結果を答えること。

飲料水 A	分析した量 (mL)	EDTA 溶液の滴定量 (mL)	
	合計濃度 (mmol/L)	全硬度 (mg/L)	
計算過程			

参加番号

氏名

飲料水 B	分析した量	(mL)	EDTA 溶液の滴定量	(mL)
	合計濃度	(mmol/L)	全硬度	(mg/L)
計算過程				

飲料水 C	分析した量	(mL)	EDTA 溶液の滴定量	(mL)
	合計濃度	(mmol/L)	全硬度	(mg/L)
計算過程				

参加番号	氏名
------	----

(3) これまでの実験結果（陰イオン及び陽イオンの定量結果）をまとめて示し、飲料水の成分表を完成させなさい。ミリモル濃度（mmol/L）の単位で、小数点以下一桁まで答えること。炭酸水素イオン濃度は計算して答えなさい。なお、ナトリウムイオンおよびカリウムイオンの濃度は解答欄に記載されている値を用いること。

*塩化物イオンの定量で（実験 2-1）、濃度が 100 mg/L 以上となった場合、その値を塩化物イオンの成分量として計算すること。

*キレート滴定を行わなかった飲料水のカルシウムイオンとマグネシウムイオンの合計濃度は、全硬度の値から計算しなさい。ただし、全硬度が全てカルシウムイオンに由来するものとして計算すること。

飲料水の成分表 (mmol/L)					
	$\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$	$\text{Na}^{+} + \text{K}^{+}$	Cl^{-}	SO_4^{2-}	HCO_3^{-}
飲料水 A		0.5			
飲料水 B		0.7			
飲料水 C		0.3			

(4) これまでの実験結果（残留塩素、陰イオン及び陽イオンの定量結果）から、3 種類の飲料水（A、B、C）が次のなかのどのサンプルであるか、同定しなさい。解答欄には、サンプルの番号を記入すること。

サンプル①：全硬度 100 (mg/L) 以下の水道水

サンプル②：全硬度 100～500 (mg/L) の市販ボトル水

サンプル③：全硬度 1,200～1,600 (mg/L) の市販ボトル水

飲料水 A

飲料水 B

飲料水 C

参加番号

氏名

4. 紅茶と水

問9 サンプル②、③の水で浸出した紅茶の色や濁りの状態を、蒸留水で浸出した紅茶を基準として答えなさい。

サンプル②

サンプル③

問10 紅茶の色や香りを決めている主な成分は、図4.1に示したテアフラビンとよばれるポリフェノールである。以下の問いに答えなさい。

(1) 水の硬度の違いによって、紅茶の色や濁りの違いが生じる理由（仮説）を述べなさい。

参加番号

氏名

(2) (1) で立てた仮説を確かめるための実験を立案し、実際に行いなさい。行った実験の方法と手順、結果を示すこと。なお、実験には浸出した紅茶と、EDTA 溶液を使用すること。

参加番号

氏名

(3) 今回の実験でを使用した市販ボトル水（サンプル②、サンプル③）を十分に煮沸した後、常温まで冷却して紅茶を入れると、紅茶の色や濁りはどのようになるか。2種類のボトル水について、それぞれ予想される結果とその理由を述べなさい。

サンプル②

サンプル③

参加番号

氏名

(下書き用紙)

参加番号

氏名

(下書き用紙)