

化 学

注 意 事 項

1. 「解答始め」の合図があるまでこの冊子は開かないこと。
2. この冊子は表紙を除き 17 ページである。
3. 「解答始め」の合図があったら、まず、黒板等に掲示又は板書してある問題冊子ページ数・解答用紙枚数・下書き用紙枚数が、自分に配付された数と合っているか確認し、もし数が合わない場合は手を高く挙げ申し出ること。次に、学部名・受験番号・氏名を必ずすべての解答用紙の指定された箇所に記入してから、解答を始めること。
4. 解答は、必ず解答用紙の指定された箇所に、問題に指示してある方法で記入すること。
5. 気体は全て理想気体と考えなさい。1 ページに原子量、定数が記載してあるので、必要があれば使用しなさい。
6. 文字、記号、数字などは誤読されないように正確に書くこと。

必要に応じて、次の原子量、定数を使用しなさい。

[原子量]

$$\begin{array}{lllll} \text{H} = 1.0 & \text{C} = 12.0 & \text{N} = 14.0 & \text{O} = 16.0 & \text{Na} = 23.0 \\ \text{S} = 32.1 & \text{Cl} = 35.5 & \text{K} = 39.1 & \text{Ca} = 40.1 & \text{Ag} = 107.9 \end{array}$$

[気体定数]

$$R = 8.31 \text{ Pa}\cdot\text{m}^3/(\text{mol}\cdot\text{K}) = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{K})$$

[アボガドロ定数]

$$N_A = 6.02 \times 10^{23}/\text{mol}$$

[ファラデー定数]

$$F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$$

1 次の文章を読み、問1～問7に答えなさい。

アセチレンは、炭化カルシウム(カーバイド)に水を作用させると発生する常温^①で無色無臭の可燃性気体である。このような炭素原子間に三重結合を1つ含む鎖式不飽和炭化水素は、(a)と総称され、アセチレンは、分子中の原子が直線構造として同一の平面上に存在し、他の原子団や原子と結合しやすく、付加反応が起こりやすい。アセチレン1分子に水素1分子が付加するとエチレンが得られ、炭素原子間に二重結合を1つ含む鎖式不飽和炭化水素は、(b)と総称される。

アセチレンは、塩化水素と反応して塩化ビニルを、酢酸と反応して酢酸ビニルを、シアン化水素と反応して(c)を生成し、これらはいずれも付加重合により鎖状の高分子化合物となる。また、アセチレンは、水と反応すると中間生成物としてビニルアルコールを生じるが、これは不安定なためすぐに(d)となる。また、3分子のアセチレンは、鉄存在下で重台反応により、(e)を生成する。

エチレンと水との付加反応より、エタノール(エチルアルコール)が得られる。エタノールを酸化するとアセトアルデヒドが得られ、さらに酸化すると酢酸が得られる。また、エタノールは分子間脱水によりジエチルエーテルを生じ、これは^②^③^④水に不溶である。

問1 文中の(a)～(e)に当てはまる最も適切な語句を選択肢の中から選び、記号で答えなさい。

選択肢

- | | |
|----------------|--------------|
| (あ) アクリロニトリル | (い) スチレン |
| (う) ビニルアルコール | (え) ナイロン |
| (お) アルカン | (か) アルケン |
| (き) シクロアルケン | (く) アルキン |
| (け) ホルムアルデヒド | (こ) アセトアルデヒド |
| (さ) プロピオンアルデヒド | (し) シクロヘキサン |
| (ず) ベンゼン | (せ) ポリエチレン |

問 2 下線部①の化学反応式，下線部②，③，④の示性式をそれぞれ書きなさい。

問 3 エチレンに水素が付加するとエタンが得られる。エタン，エチレン，アセチレンにおいて，炭素原子間の結合距離が一番長い炭化水素を答えなさい。

問 4 プロペンと塩化水素との反応において，おもに得られる生成物の構造式を書きなさい。

問 5 ポリビニルアルコールは，酢酸ビニルをモノマー(原料)とした付加重合体をけん化することで得られる。10.0 g のポリビニルアルコールを得るためには，何 g の酢酸ビニルが必要か。計算過程を示し，小数点第一位まで求めなさい。ただし，反応の収率は 100 % とする。

問 6 2-プロパノールを酸化すると得られる物質の化合物名と構造式を書きなさい。

問 7 2つの分子から水やアルコールのような簡単な分子がとれて結合する反応名を答えなさい。また，酢酸 2 分子から水 1 分子がとれて生じる物質の構造式を書きなさい。

2 次の文章を読み、問1～問3に答えなさい。

アミノ酸は、分子内にアミノ基とカルボキシ基をもち、塩基と酸の両方の性質を示す。そのため、水溶液のアミノ酸は、陽イオンと陰イオンを合わせもつ(ア)イオンになることがある。また、アミノ酸水溶液のpHを適切に調節すると分子全体としての電荷は(イ)になり、このようなpHを等電点という。等電点の異なるアミノ酸の混合水溶液に適切なpHのもとで直流電圧をかけ電気泳動を行うと、それぞれのアミノ酸を分離することができる。

アミノ酸のアミノ基は、別のアミノ酸のカルボキシ基と結合することができる。多数のアミノ酸で構成されたタンパク質において、芳香族アミノ酸が含まれているものは、(ウ)反応により検出できる。一方、アミノ酸3分子以上からなるものは、(エ)反応で検出できる。また、アミノ酸は、アルコールまたは無水酢酸と反応すると、酸または塩基としての性質がなくなる。

問1 文中の(ア)～(エ)に入る適切な語句または数字を書きなさい。

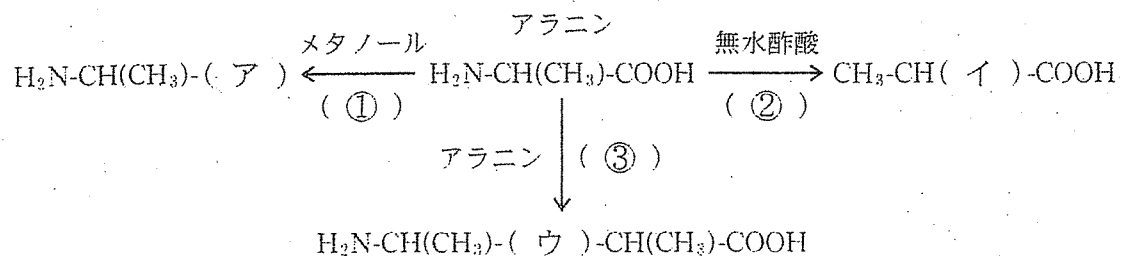
問2 下線部①について、グリシン、リシン、グルタミン酸の水溶液をpH6.0の緩衝液で湿らせたろ紙へ別々につけ、直流電圧をかけて電気泳動を行った。泳動後にアミノ基と反応する試薬をろ紙に吹き付けて加温し、アミノ酸を発色させ、その移動位置を検出した。

- (1) この呈色反応の反応名及び色を答えなさい。
- (2) グルタミン酸の示性式を書きなさい。また、pH6.0では正負どちらの電荷を有するか答えなさい。
- (3) グリシン及びリシンの移動について、下記の選択肢から適切なものを選び、記号で答えなさい。

選択肢

- | | |
|--------------|-----------------|
| (a) 陰極側へ移動した | (b) ほとんど移動しなかった |
| (c) 陽極側へ移動した | |

問 3 アミノ酸の反応の例として、アラニンをメタノール、無水酢酸、アラニンと下記のようにそれぞれ反応させた。



- (1) (ア)～(ウ)に入る適切な原子団を書きなさい。
- (2) (①)～(③)の反応について、下記の選択肢から適切なものを選び、記号で答えなさい。

選択肢

(a) メチル化

(b) エステル化

(c) アセチル化

(d) ペプチド結合

3 次の各問いの()に入る最も適切な解答を、選択肢の中から選び、記号で答えなさい。

問 1 α -グルコースの1位の-OHと β -フルクトースの2位の-OHで結合した糖は、()である。

選択肢

- (a) ラクトース (b) スクロース (c) アミロース
(d) セルロース (e) マルトース

問 2 油脂を脂肪酸およびモノグリセリドに分解する酵素は、()である。

選択肢

- (a) ペプシン (b) アミラーゼ (c) リパーゼ
(d) カタラーゼ (e) マルターゼ

問 3 濃硫酸の性質として間違っているのは、()である。

選択肢

- (a) 密度が水より小さい (b) 強い吸湿性を持つ
(c) 熱したものは強い酸化力を持つ (d) 不揮発性の液体である

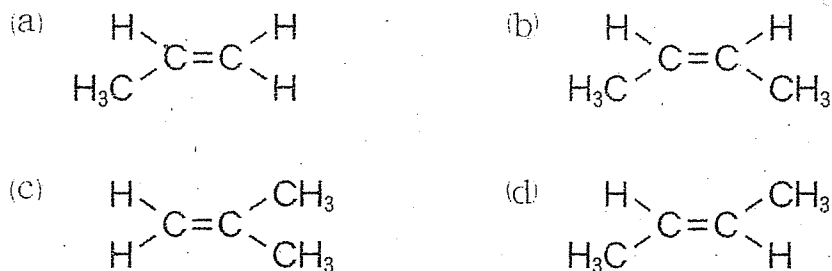
問 4 ハロゲン化合物の説明として間違っているのは、()である。

選択肢

- (a) フッ化水素の水溶液は、他のハロゲン化水素の水溶液と比べ、酸性が強くガラスを腐食する
- (b) フッ化水素は、フッ化カルシウムに濃硫酸を加え、加熱することで得られる
- (c) 塩素を水に溶かすと一部が水と反応して塩化水素と次亜塩素酸を生じる
- (d) 塩化水素は、塩化ナトリウムに濃硫酸を加え、加熱することで得られる

問 5 *cis*-2-ブテンの構造式は、()である。

選択肢



問 6 化合物 A(分子式： $\text{C}_7\text{H}_5\text{O}$)は、弱酸性を示す芳香族化合物であり、ナトリウムと反応する。これはベンゼン環上に2個の置換基を有し、2個の置換基の位置関係はアセチルサリチル酸のベンゼン環上に存在する2個の置換基と同じである。この化合物 A は、()である。

選択肢

- | | |
|---------------------|--------------|
| (a) <i>o</i> -クレゾール | (b) フェノール |
| (c) ベンジルアルコール | (d) サリチル酸メチル |

問 7 結晶の種類が H_2O と同じ物質は、()である。

選択肢

(a) CO_2

(b) SiO_2

(c) KCl

(d) Cu

(e) C

(f) NaOH

問 8 15°C の水に、塩化ナトリウム 0.050 mol を溶かして 100 mL にした時の浸透圧を測定した。それと同じ浸透圧を得るために、 27°C の水に対して、グルコース $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ を溶解して 100 mL とした。溶解したグルコースの質量(g)に最も近いものは、()である。

選択肢

(a) 1.7

(b) 8.6

(c) 9.0

(d) 17

(e) 18

問題は次ページに続く。

4

以下の問1, 問2に答えなさい。

問1 次の文章を読み, (1), (2)に答えなさい。

1.013 × 10⁵ Paのもとで, 氷1.5 molに対し熱を加え, 状態の変化を追跡した。ただし, 氷の融解熱を6.0 kJ/mol, 水の蒸発熱を41 kJ/mol, 水1 gの温度を1℃上昇させるのに必要な熱量を4.2 Jとする。

- (1) 加えた熱量に対する温度の変化を図1に実線で示した。縦軸と横軸の(ア)~(エ)に適切な数値を記入しなさい。ただし, 熱量は, 小数点第一位まで書きなさい。なお, 横軸の数値は, 温度0℃に到達した点を0 kJとしている。
- (2) (ウ)と(エ)の間では温度が一定となっているが, その理由を述べなさい。また, ここで, 観察される現象の名称を漢字で答えなさい。

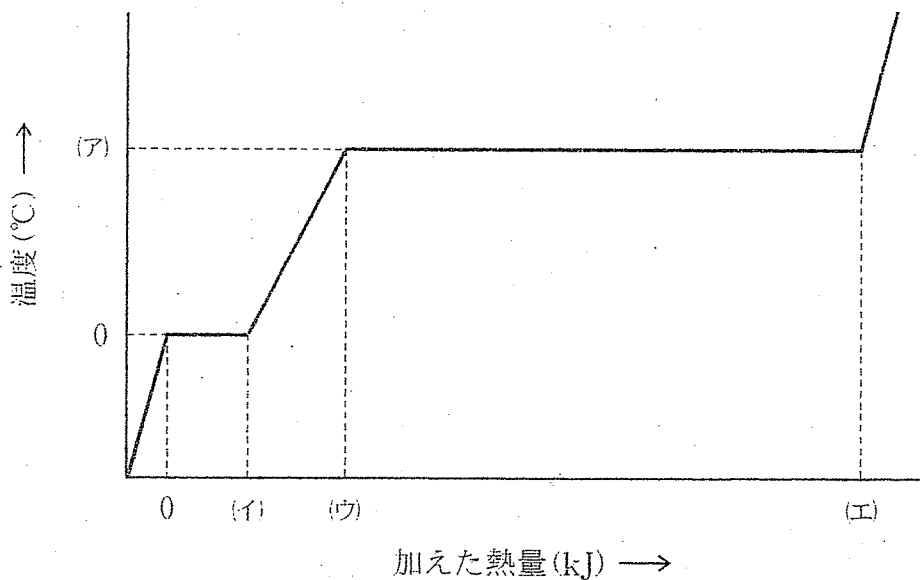
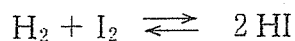


図1 加えた熱量と物質の温度変化

問 2 水素とヨウ素からヨウ化水素が生成する可逆反応は下の式で示される。



以下の(1), (2)に答えなさい。

- (1) 図2はある温度のもとでの物質と時間の関係を示したものである。その他の反応条件は一定のまま、(i)圧力を高くした、(ii)温度を上げた、(iii)触媒として白金を用いた場合、図中の p_1 、 p_2 及び平衡に到達した時間 t の値はそれぞれどうなるかを、下記の選択肢の中から選び、記号で答えなさい。

なお、HI 分解反応の熱化学方程式は、 $2\text{HI} = \text{H}_2 + \text{I}_2 - 9\text{kJ}$ である。

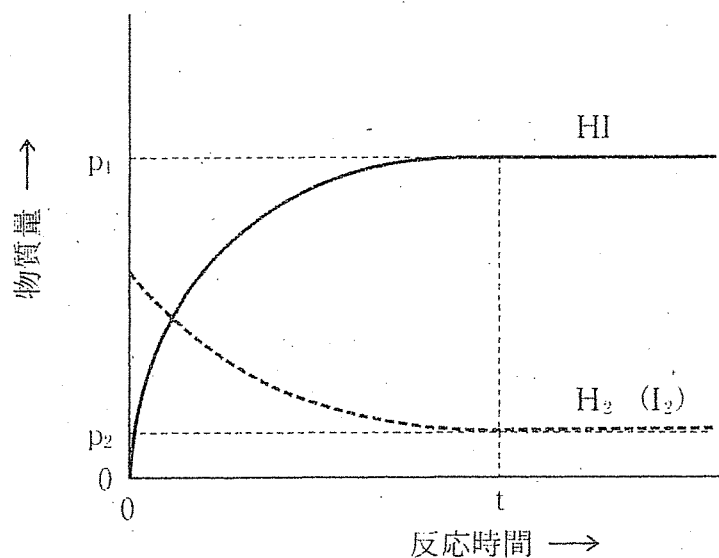


図2 水素、ヨウ素およびヨウ化水素の反応時間と物質量

選択肢

(ア) 増加する

(イ) 変わらない

(ウ) 減少する

(2) 表1は、ある温度のもとで、水素、ヨウ素、ヨウ化水素濃度の組み合わせを変えて、反応を開始させ、平衡状態に到達したときの結果を a, b, c の3つの事例について示している。平衡定数を計算し、有効数字2桁で答えなさい。計算式も書きなさい。また、(い)~(ほ)に入る適切な数字を、下記の選択肢の中から選び、記号で答えなさい。数字は複数回用いても良い。

表1 水素、ヨウ素、ヨウ化水素の反応開始時および平衡状態における濃度

	初めの濃度 (mol/L)			平衡状態の濃度 (mol/L)		
	[H ₂]	[I ₂]	[HI]	[H ₂]	[I ₂]	[HI]
a	2.35	2.35	0	0.50	0.50	3.70
b	1.07	1.43	1.15	0.24	(い)	(ろ)
c	0	0	1.88	(は)	(に)	(ほ)

選択肢									
(ア)	0.20	(イ)	0.40	(ウ)	0.60	(エ)	0.80	(オ)	1.48
(カ)	2.35	(キ)	2.81	(ク)	7.45	(ケ)	14.8		

問題は次ページに続く。

5 金属イオンの沈殿生成反応を上手く利用することで、溶液中に存在するイオンの分離や定量などが可能となる。次の文章 A はその分離に関して、次頁の文章 B は定量に関して記述している。これらの文章を読み、問 1～4 に答えなさい。

A：図 3 は Ca^{2+} 、 Na^+ 、 Zn^{2+} 、 Fe^{3+} 、 Pb^{2+} 、 Cu^{2+} 、 Ag^+ を含む試料溶液に対して、各イオンを分離し、目視でその存在を確認した手順を示している。操作 a では試料溶液に塩酸を加えることで Ag^+ 、 Pb^{2+} が Cl^- と [①] 色の沈殿を形成する。生成した沈殿をろ別することで Ag^+ 、 Pb^{2+} を他の金属イオンと分離できる。ここで塩化鉛の沈殿のみが [②] に溶けるため、操作 b により Pb^{2+} と塩化銀の沈殿との分離が可能となる。さらに、操作 c～f により、残りの金属イオンもそれぞれ沈殿として分離され、最終的に沈殿せず試料溶液に残るのは Na^+ となる。

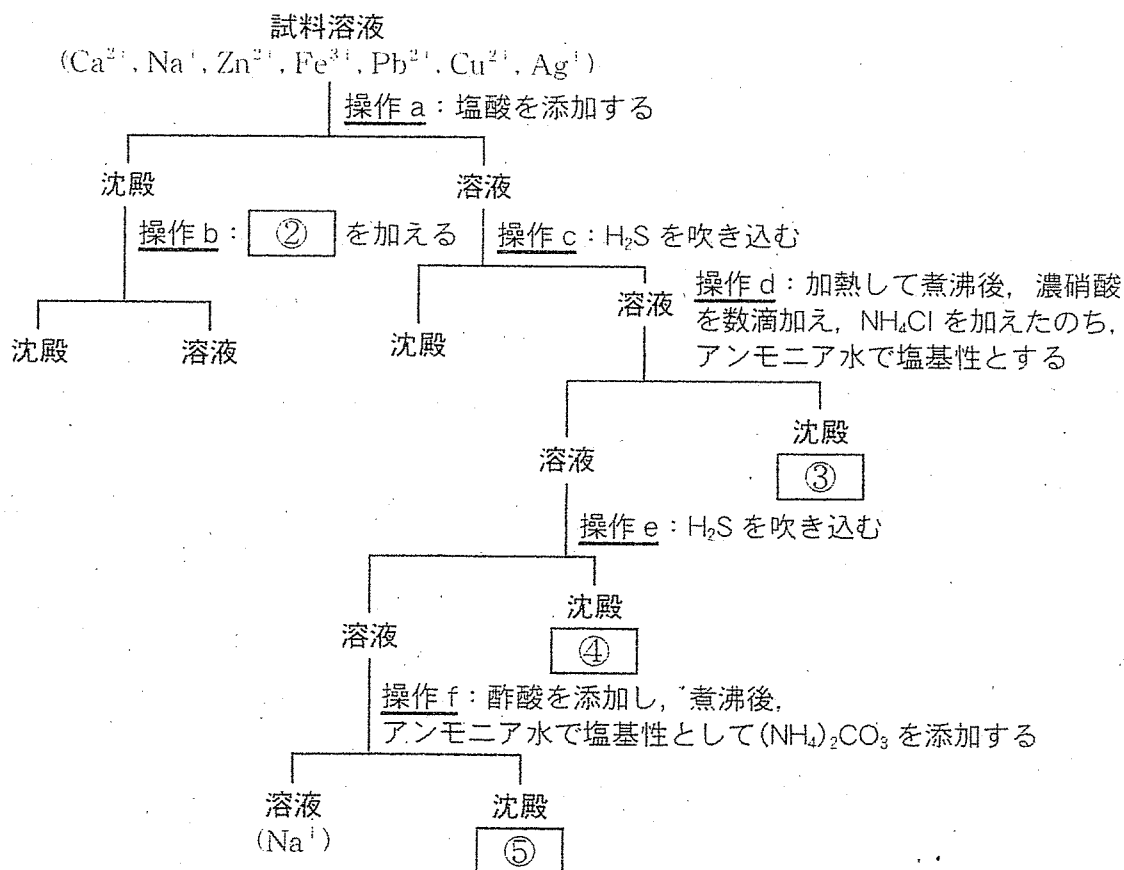


図 3 金属イオンの分離手順

(各操作における金属イオン濃度や添加溶液濃度は分離に最適なものとする)

B: Ag^+ が Cl^- と難溶性の沈殿を形成することを利用して、溶液に含まれる Cl^- 濃度を定量する沈殿滴定法が確立されている。一定量の試料溶液に硝酸銀溶液を添加していくと沈殿が生成していく。ここにあらかじめクロム酸イオンを加えておくと、過剰に添加された Ag^+ と赤色のクロム酸銀〔⑥〕の沈殿を生成するため、この着色を滴定の終点とみなすことができる。そして硝酸銀溶液の滴下量から Cl^- 濃度を求めることができる。

問 1 文章 A, B および図 3 の①, ②に適切な語句, ③~⑥に沈殿の化学式を記入しなさい。

問 2 図 3 の操作 c ~ f に関する以下の記述(1)~(4)に対して、それぞれ正しいものを下のア~エの中から 1 つずつ選び、記号で答えなさい。

(1) 操作 c について

- ア 酸性条件でなければ沈殿しない金属を沈殿させる操作である
- イ Pb^{2+} が存在すれば、白色沈殿を生じる
- ウ H_2S を発生させるために FeS に加える酸は、希硫酸でも希塩酸でも良い
- エ H_2S は酸化剤としても作用する

(2) 操作 d について

- ア 煮沸するのは残存する沈殿を溶かすためである
- イ 濃硝酸の代わりに濃塩酸をもちいてもよい
- ウ NH_4Cl を加えるのは共通イオン効果を利用するためである
- エ 生成した沈殿は白色である

(3) 操作 e について

- ア 生成する沈殿は黒色である
- イ 操作 c と異なる反応が進行する理由は水溶液中の S^{2-} 濃度が小さいからである
- ウ 試料溶液に Cd^{2+} が含まれていた場合は、ここで沈殿する
- エ 硫化物の溶解度が比較的大きい金属を沈殿させる操作である

(4) 操作 f について

- ア 生成した沈殿は消石灰と呼ばれる
- イ 炭酸塩の沈殿を生成するのはアルカリ土類金属のみである
- ウ さらに CO_2 を過剰に吹き込むと沈殿が効率よく生成する
- エ 生成した沈殿は強酸に溶ける

問 3 操作 c で得られた沈殿に硝酸を加えて加熱溶解した。この溶液に濃アンモニア水を添加したところ、初めに青白色の沈殿が生成し、さらに添加すると沈殿は溶解した。 この濃アンモニアを添加したときに起こる①、②の反応式と②の反応後の溶液の色を答えなさい。

問 4 文章 B において、正確な濃度の硝酸銀溶液を調製することは難しいため、正確な濃度の塩化ナトリウム溶液を調製し、それを利用して沈殿滴定により硝酸銀溶液の正確な濃度を決定する必要がある。このことを踏まえ、以下の(1)~(3)の問いに答えなさい。

(1) 硝酸銀溶液の正確な濃度を決定するため、 0.100 mol/L の塩化ナトリウム溶液を 100 mL 調製したい。必要な塩化ナトリウム量(g)を計算しなさい。ただし、塩化ナトリウムの純度 98.0% 、有効数字 3 桁とする。

(2) 以下の①~⑥の文章は、(1)の塩化ナトリウム溶液を調製した手順を記録したものである。[a]に使用したガラス器具名を記入しなさい。また、適切な④の操作を簡潔に答えなさい。

① 電子天秤で必要量の塩化ナトリウムをビーカーに量り取った。

② このビーカーに少量の蒸留水を加え、塩化ナトリウムの結晶が完全に溶けるまでガラス棒で攪拌した。

③ 100 mL 容量の[a]にビーカー内の溶液をガラス棒を伝わらせて注ぎ入れた。

④ []

⑤ こまごめピペットで[a]の標線まで蒸留水を加えた。

⑥ [a]に蓋をして、ひっくり返して振り混ぜることで、よく混合した。

(3) 0.100 mol/L 塩化ナトリウム溶液 20.00 mL を約 0.1 mol/L に調製した硝酸銀溶液で沈殿滴定したところ、 18.84 mL の添加で終点となった。次に、鹿児島湾の海水を 10 倍に希釈して 20.00 mL とし、この硝酸銀溶液を利用して沈殿滴定したところ、 9.70 mL の添加で終点となった。鹿児島湾の海水に含まれる Cl^- 濃度(mol/L)を求めなさい。計算の過程も記すこと。ただし、有効数字は 3 桁とする。