



理解度チェック画面



1

問1	ア	反応速度	イ	アンモニアソーダ	ウ	炭酸水素ナトリウム
	エ	炭酸ナトリウム				
問2	①	$\text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{NH}_3 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{NaHCO}_3 + \text{NH}_4\text{Cl}$				
	②	$2\text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$				
問3	(1)	<p><math>C</math> [mol/L] のアンモニア水の <math>[\text{OH}^-]</math> を <math>x</math> [mol/L] とすると、電離度は 1 に比べて十分小さく、  <math>x \ll C</math> となるため、<math>K_b = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]} = \frac{x^2}{C-x} \approx \frac{x^2}{C} \therefore x = \sqrt{CK_b} \dots \textcircled{1}</math></p> <p>このとき、<math>x = \frac{K_w}{[\text{H}^+]} = \frac{1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2}{10^{-11.3} \text{ mol/L}} = 2.0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}</math></p> <p>①式に代入して、<math>2.0 \times 10^{-3} \text{ mol/L} = \sqrt{0.20 \text{ mol/L} \times K_b} \therefore K_b = 2.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}</math></p> <p style="text-align: right;">答 <math>2.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}</math></p>				
	(2)	9.3				

2

I

問1	(4)	問2	(4)	問3	$6.50 \times 10^2 \text{ mm}$		
問4	(i)		(ii)		(iii)		(iv)
	$h$	変化しない	$h$	大きくなる	$h$	小さくなる	$h$ 大きくなる
	$x$	大きくなる	$x$	小さくなる	$x$	大きくなる	$x$ 変化しない
問5	(i)	$1.03 \times 10^4 \text{ mm}$	(ii)	$-3.24 \times 10^2 \text{ mm}$			

II

問1	$t_1 - t_4$	問2	B	問3	$3.48 \text{ }^\circ\text{C}$	問4	0.83
----	-------------	----	---	----	-------------------------------	----	------

受講番号	氏名	在・卒高校名	現・卒別	得点
.....		高校	現・卒	

(○で囲むこと)

3

問1	ア	ジュラルミン	イ	イオン化傾向	ウ	陽極
	エ	陰極	オ	$[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$	カ	融解塩電解(熔融塩電解)
問2	$2\text{Al} + 6\text{H}_2\text{O} + 2\text{NaOH} \longrightarrow 2\text{Na}[\text{Al}(\text{OH})_4] + 3\text{H}_2$					
問3	鉄	(c)	ニッケル	(c)	銀	(d)
問4	酸化鉄(III)を含んだまま融解塩電解すると、陰極で鉄の単体も生成し、アルミニウムのみを取り出すことが困難だから。					
問5	(1)	70	分	(2)	5.00	mol

4

問1	$\text{C}_2\text{H}_3\text{O}$	問2	$\text{Cu}_2\text{O}$	問3	102
問4	$\begin{array}{c} \text{O}-\text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_2=\text{C}-\text{C}-\text{H} \\    \\ \text{O} \end{array}$				

5

問1	ア	縮合	イ	アミノ	ウ	カルボキシ
	エ	グリシン	オ	不斉	カ	水素
問2	(a)	$\text{CH}_3-\underset{\text{NH}_3^+}{\text{CH}}-\text{COOH}$	(b)	$\text{CH}_3-\underset{\text{NH}_3^+}{\text{CH}}-\text{COO}^-$	(c)	$\text{CH}_3-\underset{\text{NH}_2}{\text{CH}}-\text{COO}^-$
問3	6 種類					
問4	(i)	システイン	アスパラギン酸	(ii)	396	
問5	213 個					

① 次の文章を読み、問1～3に答えよ。

アンモニアは非常に有用な物質であり、アンモニアを原料としていろいろな物質をつくることができる。アンモニアの工業的製法(ハーバー・ボッシュ法)では、

**ア** を大きくするために鉄を主成分とする触媒を用いて、高温(400～600℃)、高圧( $2 \times 10^7 \sim 4 \times 10^7$  Pa)で反応を行う。アンモニアを利用した無機化合物の工業的製法には、**イ** 法がある。この方法は、まず、①アンモニアを飽和食塩水に吸収させ、これを二酸化炭素と反応させて**ウ** を生成させる。次に②生じた**ウ** を焼いて無水の**エ** を得る。**エ** はソーダ石灰ガラスの原料として重要である。

## アンモニアを題材とした 無機・理論総合問題。

問1 空欄 **ア** ～ **エ** にあてはまる適当な語を記せ。ただし、化学物質の場合、化学名ではなく、略名を記すこと。

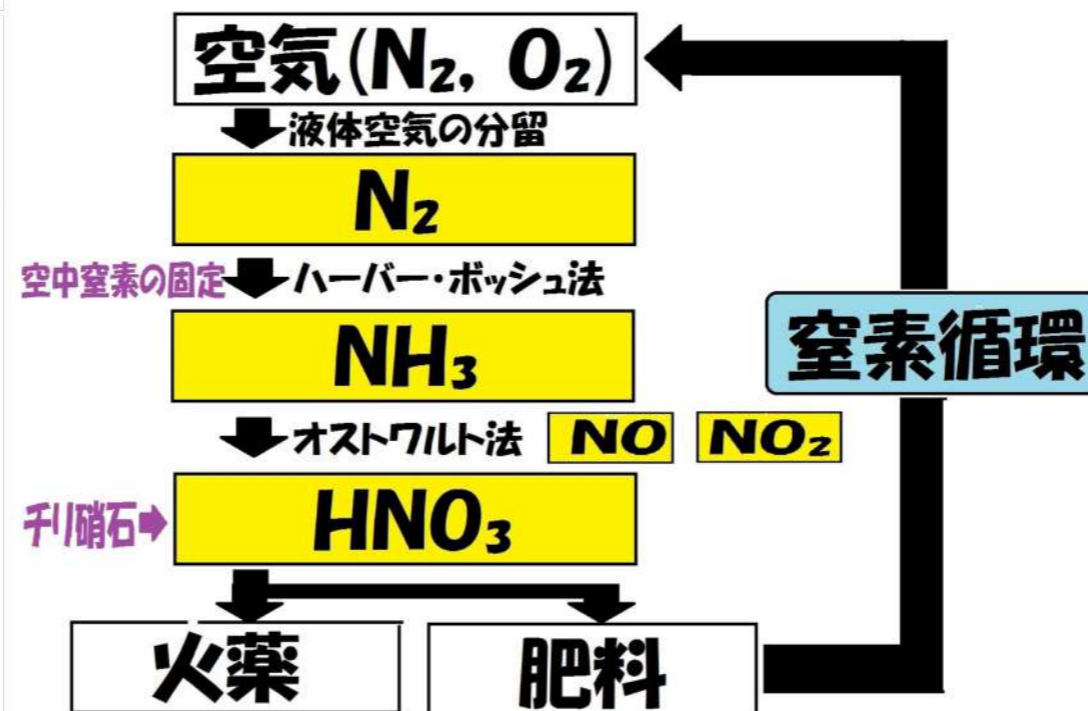
- ① 無機(非金属);ハーバー法
- ② 無機(金属);アンモニアソーダ法
- ③ 理論;アンモニアの電離平衡

問3 標準状態で2.24 Lのアンモニアを水に溶解し、500 mLの水溶液とした。この水溶液のpHは11.3であった。次の(1)、(2)に答えよ。ただし、水のイオン積  $K_w = 1.0 \times 10^{-14}$  (mol/L)<sup>2</sup>、 $\log_{10} 2.0 = 0.30$  とする。

- (1) アンモニアの電離定数  $K_b$  [mol/L] を、四捨五入により有効数字2桁で記せ。解答に至る過程も記せ。ただし、アンモニアの電離度は1に比べて十分に小さいものとする。
- (2) このアンモニア水に0.20 mol/Lの塩化アンモニウム水溶液を500 mL加えた。加えた後の水溶液のpHを、四捨五入により小数第1位まで記せ。

## ハーバー法の意義

アンモニアは非常に有用な物質であり、アンモニアを原料としていろいろな物質をつくることができる。アンモニアの工業的製法(ハーバー・ボッシュ法)では、**ア**を大きくするために鉄を主成分とする触媒を用いて、高温(400~600℃)、高圧( $2 \times 10^7 \sim 4 \times 10^7$  Pa)で反応を行う。アンモニアを利用した無機化合物の工業的製法の一つに**イ**法がある。この方法では、まず、<sup>①</sup>アンモニアを飽和食塩水に吸収させ、これに二酸化炭素を吹き込んで**ウ**を沈殿させる。次に<sup>②</sup>生じた**ウ**を焼いて無水の**エ**を得る。**エ**はソーダ石灰ガラスの原料として重要である。



## ハーバー法の理論



温度	反応速度	NH <sub>3</sub> の収率
上げすぎると	増大	低下!
下げすぎると	低下!	増大



適当な温度、高圧、触媒(鉄系)

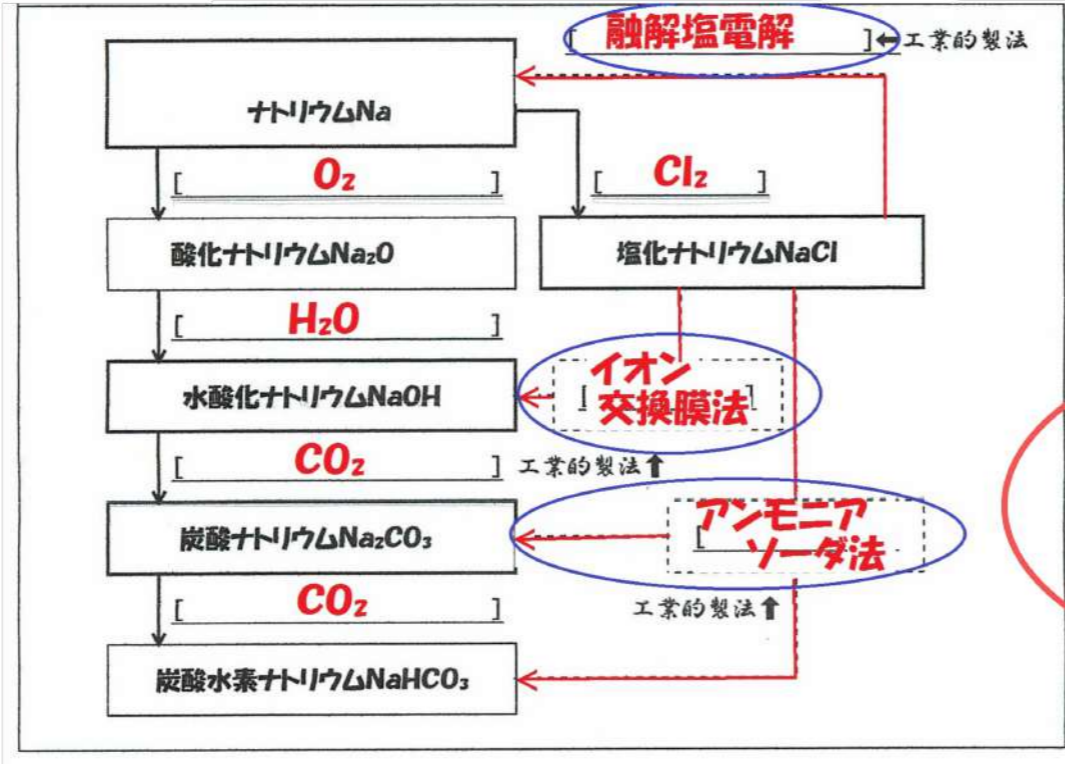
ボッシュ、ミタッシュ

問1、問2 ハーバー・ボッシュ法、アンモニアソーダ法⇨必須知識

問1 ア: 反応速度 イ: アンモニアソーダ(ソルベール) ウ: 炭酸水素ナトリウム  
エ: 炭酸ナトリウム

# アンモニアソーダ法の意義

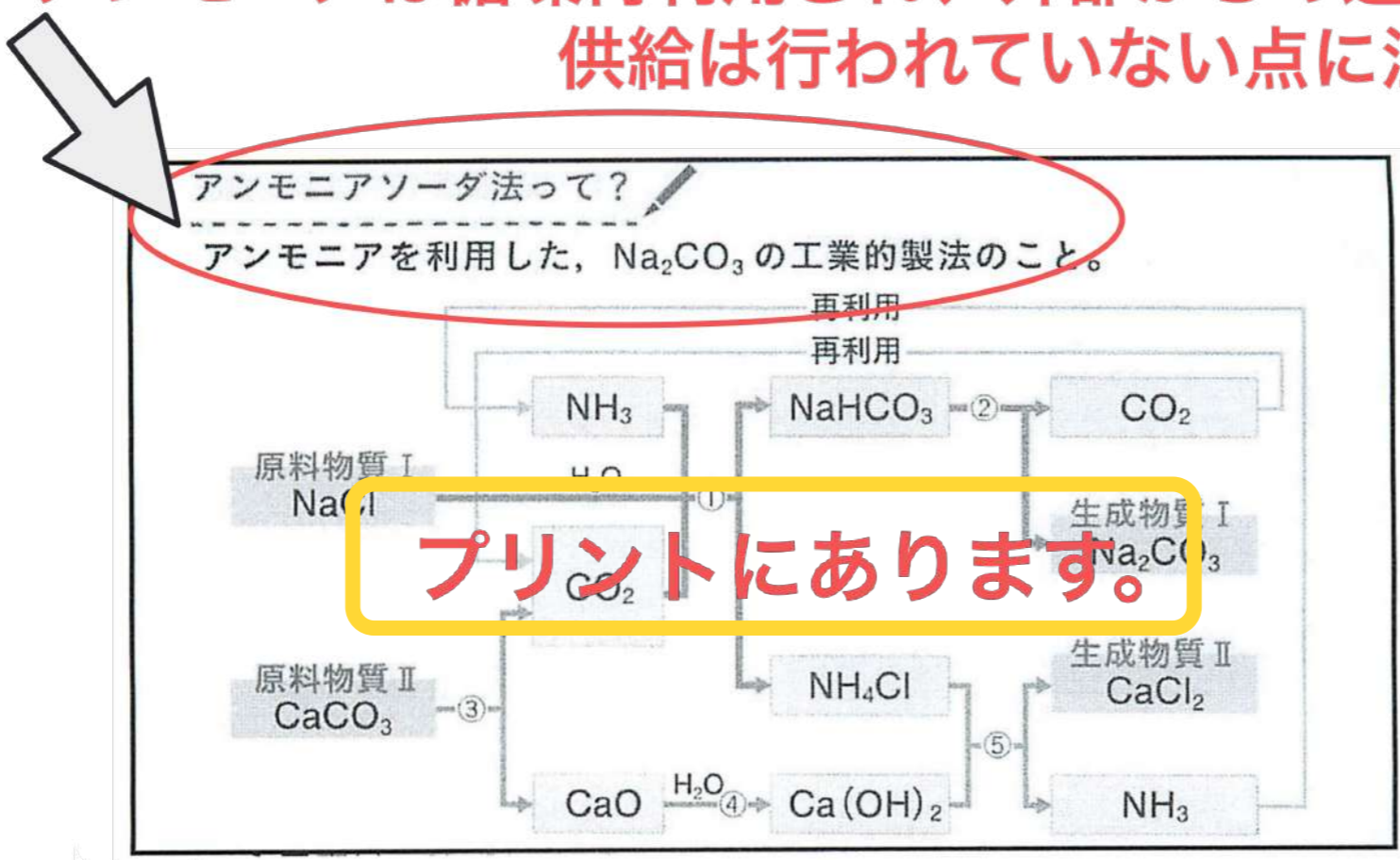
アンモニアは非常に有用な物質であり、アンモニアを原料としていろいろな物質をつくることできる。アンモニアの工業的製法(ハーバー・ボッシュ法)では、**ア**を大きくするために鉄を主成分とする触媒を用いて、高温(400~600℃)、高圧( $2 \times 10^7 \sim 4 \times 10^7$  Pa)で反応を行う。アンモニアを利用した無機化合物の工業的製法の一つに**イ**法がある。この方法では、まず、①アンモニアを飽和食塩水に吸収させ、これに二酸化炭素を吹き込んで**ウ**を沈殿させ、次に②生じた**ウ**を焼いて無水の**エ**を得る。**エ**はソーダ石灰の原料として重要である。



アンモニアソーダ法って？  
アンモニアを利用した、  
Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>の工業的製法のこと。

# アンモニアソーダ法におけるアンモニアの意義

アンモニアは循環再利用され、外部からの連続的供給は行われていない点に注意！



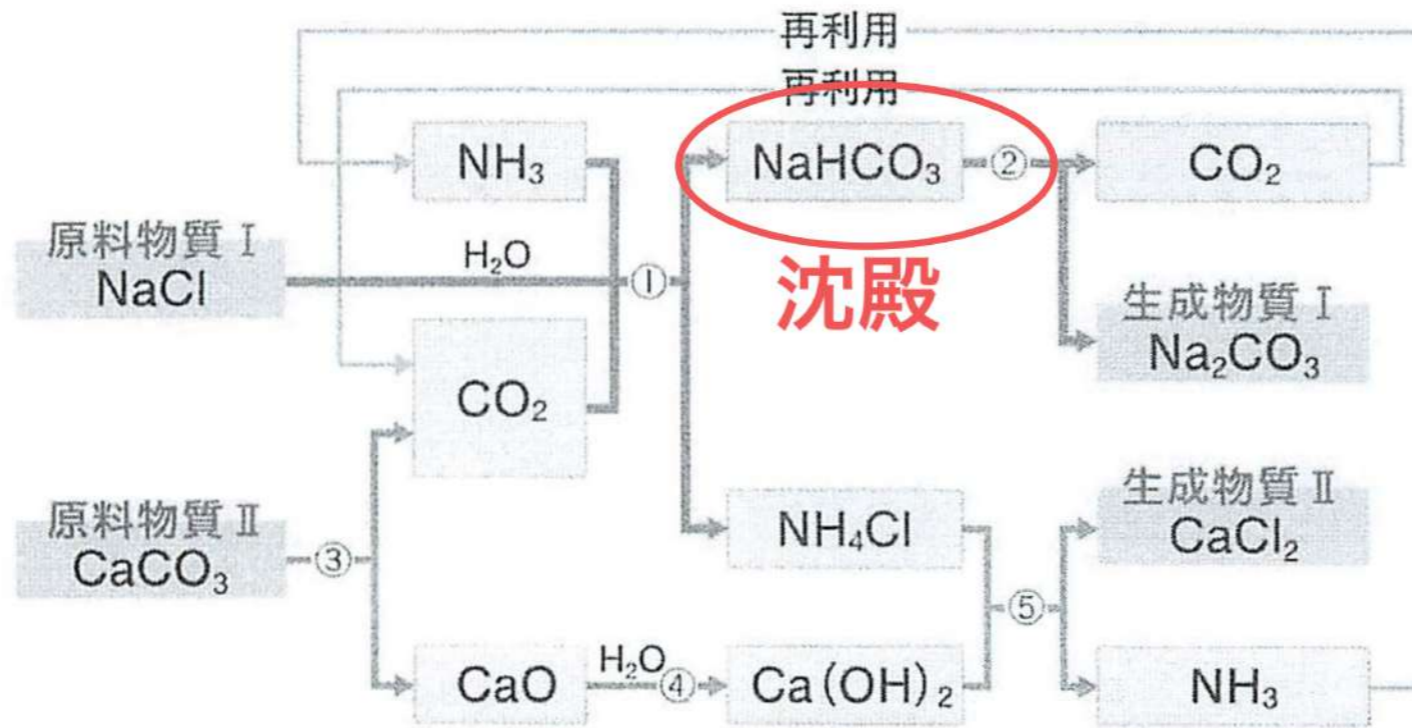
問1、問2 ハーバー・ボッシュ法、アンモニアソーダ法 必須知識

- 問1 ア：反応速度 イ：アンモニアソーダ（ソルバー） ウ：炭酸水素ナトリウム  
エ：炭酸ナトリウム



アンモニアソーダ法って？

アンモニアを利用した、 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ の工業的製法のこと。



問1、問2 ハーバー・ボッシュ法、アンモニアソーダ法 → 必須知識

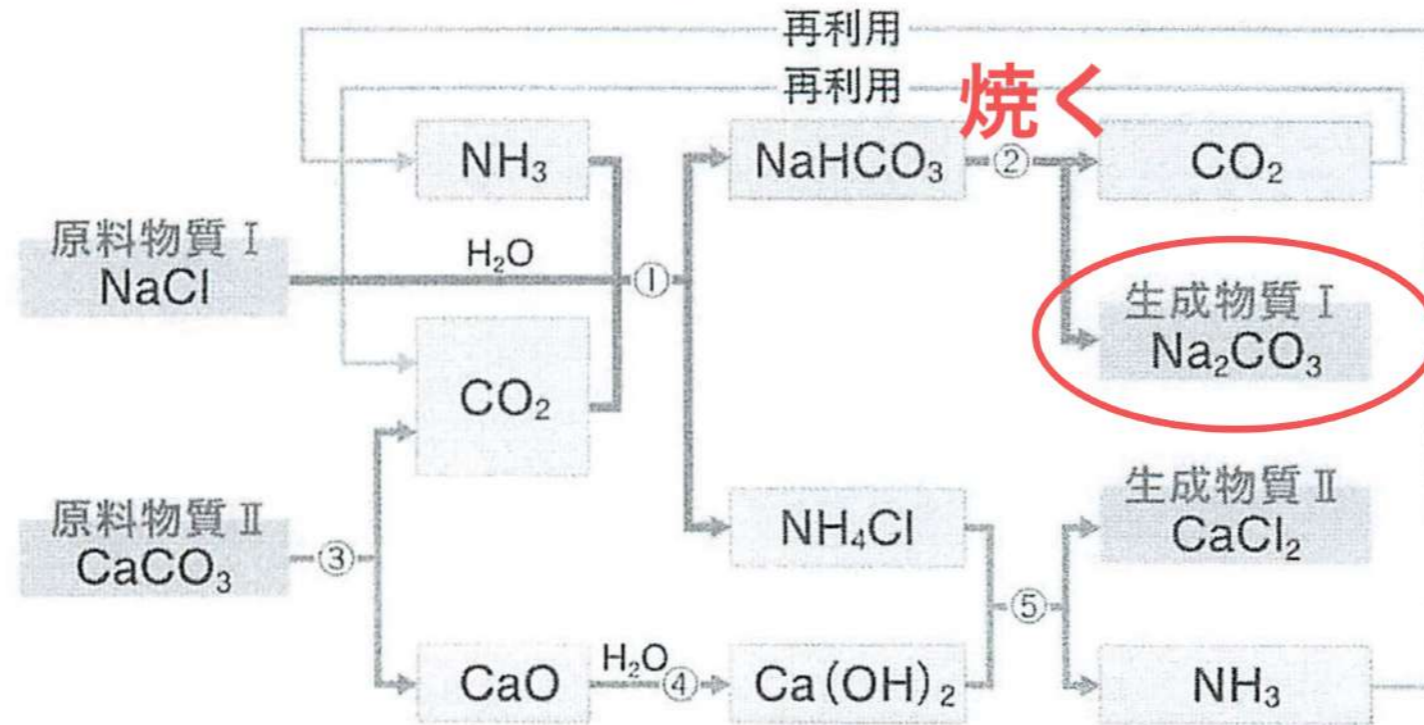
問1 ア: 反応速度 イ: アンモニアソーダ (ソルベール)

ウ: 炭酸水素ナトリウム

エ: 炭酸ナトリウム

アンモニアソーダ法って？

アンモニアを利用した、 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ の工業的製法のこと。

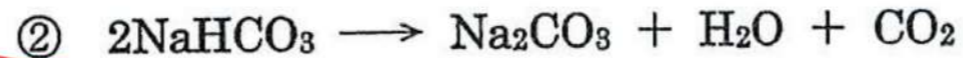
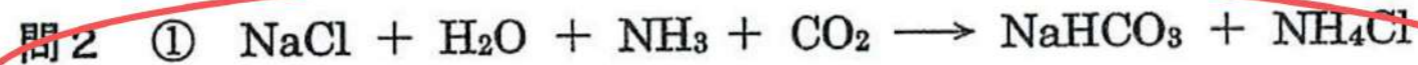


問1、問2 ハーバー・ボッシュ法、アンモニアソーダ法⇨必須知識

問1 ア：反応速度 イ：アンモニアソーダ（ソルベ） ウ：炭酸水素ナトリウム

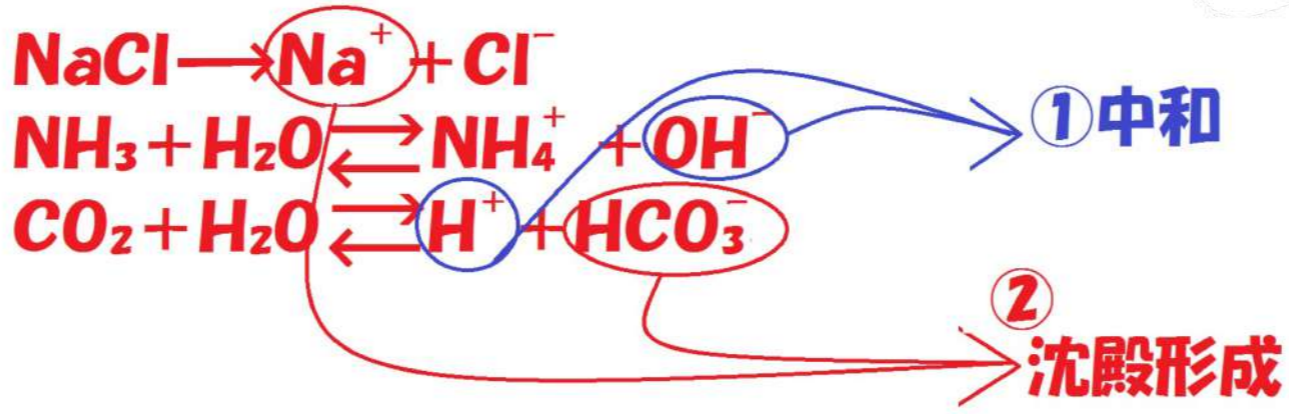
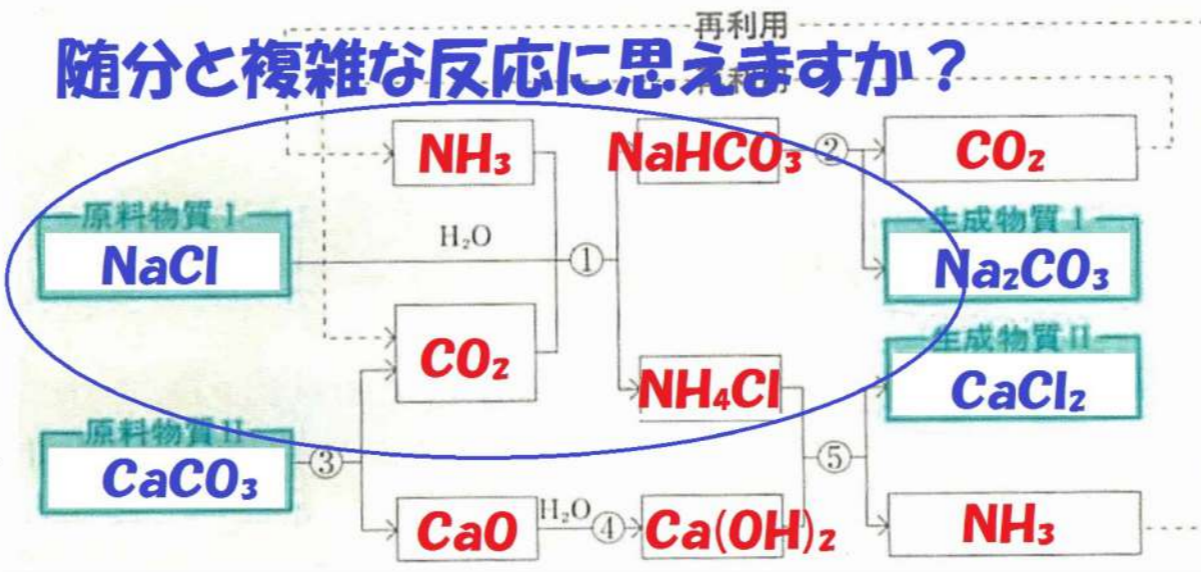
エ：炭酸ナトリウム

問1、問2 ハーバー・ボッシュ法、アンモニアソーダ法⇨必須知識



$\text{Na}_2\text{CO}_3$  ( $\text{NaHCO}_3$ )の製法[アンモニアソーダ法(ソルベー法)]

随分と複雑な反応に思えますか？



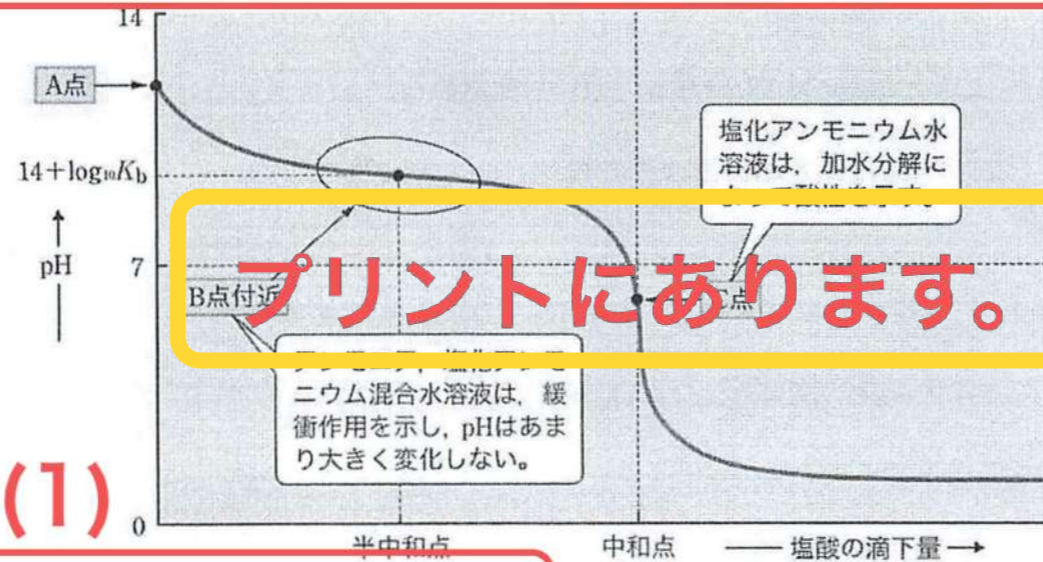
# 行っておいた方がよいアンモニアの電離平衡のまとめ

## 問3 アンモニア-塩酸滴定の電離平衡⇔定番

問3(2)

B点付近：アンモニア、塩化アンモニウム混合水溶液

$$[\text{OH}^-] = \frac{C_b}{C_s} K_b, \quad \text{pH} = 14 + \log_{10} \left( \frac{C_b}{C_s} K_b \right)$$



問3(1)

A点：アンモニア水

$$[\text{OH}^-] = \sqrt{CK_b}$$

すなわち pH (25°C) は,

$$\text{pH} = 14 + \log_{10} \sqrt{CK_b}$$

$$\alpha = \sqrt{\frac{K_b}{C}}$$

C点：塩化アンモニウム水溶液

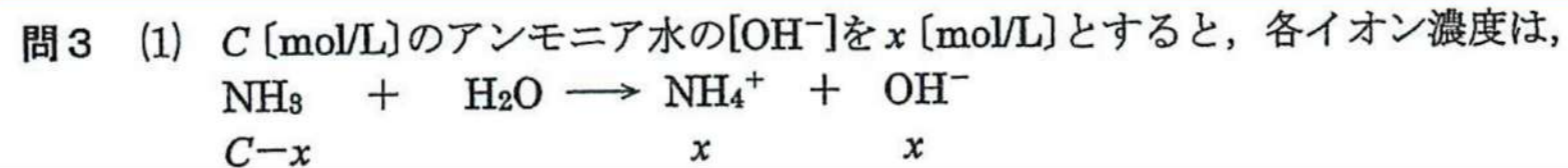
$$[\text{OH}^-] = \sqrt{\frac{K_b K_w}{C_s}}$$

すなわち pH (25°C) は,

$$\text{pH} = 14 + \log_{10} \sqrt{\frac{K_b K_w}{C_s}}$$

## 電離平衡の定番の解き方

### バランスシートを作成する。



### 化学平衡の式に代入し、近似する。

電離度は1に比べて十分小さく、 $x \ll C$  となるため、

$$K_b = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]} = \frac{x^2}{C-x} \approx \frac{x^2}{C} \quad \therefore x = \sqrt{CK_b} \quad \dots \textcircled{1}$$

### 題意の数値情報を整理する。

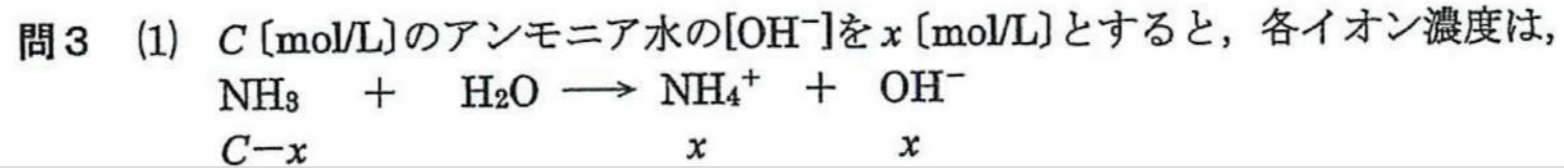
このとき、 $C = \frac{2.24\text{L}}{\frac{22.4\text{L/mol}}{\frac{500}{1000}\text{L}}} = 0.20\text{mol/L}$

$$x = \frac{K_w}{[\text{H}^+]} = \frac{1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2}{10^{-11.3} \text{mol/L}} = 10^{-2.7} \text{mol/L} = 10^{0.30} \times 10^{-3} \text{mol/L} = 2.0 \times 10^{-3} \text{mol/L}$$

### 式を解く。

①式に代入して、 $2.0 \times 10^{-3} \text{mol/L} = \sqrt{0.20 \text{mol/L} \times K_b} \quad \therefore K_b = 2.0 \times 10^{-5} \text{mol/L}$

## バランスシートを作成する。



## 化学平衡の式に代入し、近似する。

電離度は1に比べて十分小さく、 $x \ll C$ となるため、

$$K_b = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]} = \frac{x^2}{C-x} \doteq \frac{x^2}{C} \quad \therefore x = \sqrt{CK_b} \quad \dots \textcircled{1}$$

## 題意の数値情報を整理する。

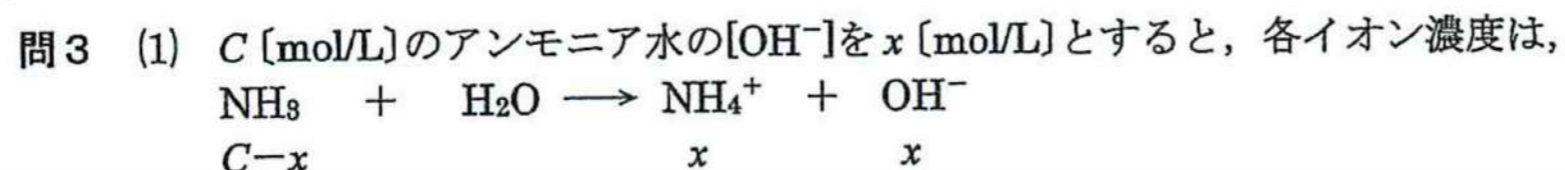
このとき、 $C = \frac{22.4\text{L/mol}}{\frac{500}{1000}\text{L}} = 0.20\text{mol/L}$

$$x = \frac{K_w}{[\text{H}^+]} = \frac{1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2}{10^{-11.3} \text{mol/L}} = 10^{-2.7} \text{mol/L} = 10^{0.30} \times 10^{-3} \text{mol/L} = 2.0 \times 10^{-3} \text{mol/L}$$

## 式を解く。

$$\textcircled{1}\text{式に代入して、} 2.0 \times 10^{-3} \text{mol/L} = \sqrt{0.20 \text{mol/L} \times K_b} \quad \therefore K_b = 2.0 \times 10^{-5} \text{mol/L}$$

## バランスシートを作成する。



## 化学平衡の式に代入し、近似する。

電離度は1に比べて十分小さく、 $x \ll C$ となるため、

$$K_b = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]} = \frac{x^2}{C-x} \approx \frac{x^2}{C} \quad \therefore x = \sqrt{CK_b} \quad \dots \textcircled{1}$$

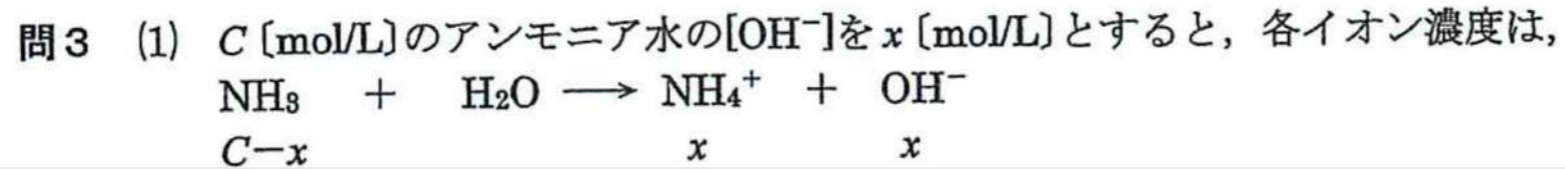
## 題意の数値情報を整理する。

$$\text{このとき, } C = \frac{2.24\text{L}}{\frac{22.4\text{L/mol}}{\frac{500}{1000}\text{L}}} = 0.20\text{mol/L}$$

$$x = \frac{K_w}{[\text{H}^+]} = \frac{1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2}{10^{-11.3} \text{mol/L}} = 10^{-2.7} \text{mol/L} = 10^{0.30} \times 10^{-3} \text{mol/L} = 2.0 \times 10^{-3} \text{mol/L}$$

式を解く。 ①式に代入して、 $2.0 \times 10^{-3} \text{mol/L} = \sqrt{0.20 \text{mol/L} \times K_b} \quad \therefore K_b = 2.0 \times 10^{-5} \text{mol/L}$

## バランスシートを作成する。



## 化学平衡の式に代入し、近似する。

電離度は1に比べて十分小さく、 $x \ll C$ となるため、

$$K_b = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]} = \frac{x^2}{C-x} \approx \frac{x^2}{C} \quad \therefore x = \sqrt{CK_b} \quad \dots \textcircled{1}$$

## 題意の数値情報を整理する。

このとき、 $C = \frac{2.24\text{L}}{\frac{22.4\text{L/mol}}{\frac{500}{1000}\text{L}}} = 0.20\text{mol/L}$

$$x = \frac{K_w}{[\text{H}^+]} = \frac{1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2}{10^{-11.3} \text{mol/L}} = 10^{-2.7} \text{mol/L} = 10^{0.30} \times 10^{-3} \text{mol/L} = 2.0 \times 10^{-3} \text{mol/L}$$

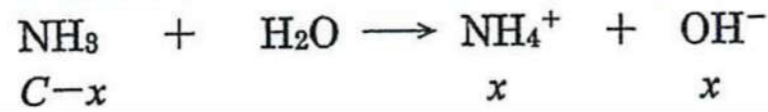
## 式を解く。

①式に代入して、 $2.0 \times 10^{-3} \text{mol/L} = \sqrt{0.20 \text{mol/L} \times K_b} \quad \therefore K_b = 2.0 \times 10^{-5} \text{mol/L}$



## バランスシートを作成する。

問3 (1)  $C$  [mol/L]のアンモニア水の $[\text{OH}^-]$ を $x$  [mol/L]とすると、各イオン濃度は、



## 化学平衡の式に代入し、近似する。

電離度は1に比べて十分小さく、 $x \ll C$ となるため、

$$K_b = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]} = \frac{x^2}{C-x} \approx \frac{x^2}{C} \quad \therefore x = \sqrt{CK_b} \quad \dots \textcircled{1}$$

## 題意の数値情報を整理する。

このとき、 $C = \frac{2.24 \text{ L/mol}}{\frac{500}{1000} \text{ L}} = 0.20 \text{ mol/L}$

$$x = \frac{K_w}{[\text{H}^+]} = \frac{1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2}{10^{-11.3} \text{ mol/L}} = 10^{-2.7} \text{ mol/L} = 10^{0.30} \text{ mol/L} = 2.0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$$

## 式を解く。

$$\textcircled{1} \text{式に代入して、} 2.0 \times 10^{-3} \text{ mol/L} = \sqrt{0.20 \text{ mol/L} \times K_b} \quad \therefore K_b = 2.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$$

## 電離平衡の定番の解き方

問3 (2) **題意の数値情報を整理する。**

$\text{NH}_3$  と  $\text{NH}_4\text{Cl}$  を 1 : 1 で混合した緩衝溶液となる。

**バランスシートを作成する。**

この溶液では、 $[\text{NH}_3] \approx [\text{NH}_4^+]$  と考えられるので、

**化学平衡の式に代入する。**

$$K_b \text{ より, } [\text{OH}^-] = K_b \times \frac{[\text{NH}_3]}{[\text{NH}_4^+]} = K_b = 2.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$$

**求められている形式にする。**

$$\text{よって, } [\text{H}^+] = \frac{K_w}{[\text{OH}^-]} = \frac{1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2}{2.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}} = \frac{1}{2} \times 10^{-9} \text{ mol/L}$$

$$\text{pH} = -\log_{10}(2^{-1} \times 10^{-9}) = 0.30 + 9 = 9.30$$

問3 (2) **題意の数値情報を整理する。**

NH<sub>3</sub> と NH<sub>4</sub>Cl を 1 : 1 で混合した緩衝溶液となる。この溶液では、

**バランスシートを作成する。**

この溶液では、 $[\text{NH}_3] \approx [\text{NH}_4^+]$ と考えられるので、

**化学平衡の式に代入する。**

$$K_b \text{ より, } [\text{OH}^-] = K_b \times \frac{[\text{NH}_3]}{[\text{NH}_4^+]} = K_b = 2.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$$

**求められている形式にする。**

$$\text{よって, } [\text{H}^+] = \frac{K_w}{[\text{OH}^-]} = \frac{1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2}{2.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}} = \frac{1}{2} \times 10^{-9} \text{ mol/L}$$

$$\text{pH} = -\log_{10}(2^{-1} \times 10^{-9}) = 0.30 + 9 = 9.30$$

問3 (2) **題意の数値情報を整理する。**

NH<sub>3</sub>とNH<sub>4</sub>Clを1:1で混合した緩衝溶液となる。この溶液では、

**バランスシートを作成する。**

この溶液では、[NH<sub>3</sub>]≒[NH<sub>4</sub><sup>+</sup>]と考えられるので、

**化学平衡の式に代入する。**

$$K_b \text{ より, } [\text{OH}^-] = K_b \times \frac{[\text{NH}_3]}{[\text{NH}_4^+]} = K_b = 2.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$$

**求められている形式にする。**

$$\text{よって, } [\text{H}^+] = \frac{K_w}{[\text{OH}^-]} = \frac{1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2}{2.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}} = \frac{1}{2} \times 10^{-9} \text{ mol/L}$$

$$\text{pH} = -\log_{10}(2^{-1} \times 10^{-9}) = 0.30 + 9 = 9.30$$

問3 (2) **題意の数値情報を整理する。**

NH<sub>3</sub> と NH<sub>4</sub>Cl を 1 : 1 で混合した緩衝溶液となる。この溶液では、

**バランスシートを作成する。**

この溶液では、 $[\text{NH}_3] \doteq [\text{NH}_4^+]$ と考えられるので、

**化学平衡の式に代入する。**

$$K_b \text{ より, } [\text{OH}^-] = K_b \times \frac{[\text{NH}_3]}{[\text{NH}_4^+]} = K_b = 2.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$$

**求められている形式にする。**

$$\text{よって, } [\text{H}^+] = \frac{K_w}{[\text{OH}^-]} = \frac{1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2}{2.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}} = \frac{1}{2} \times 10^{-9} \text{ mol/L}$$

$$\text{pH} = -\log_{10}(2^{-1} \times 10^{-9}) = 0.30 + 9 = 9.30$$

② 次の I, II に答えよ。

I 次の文章を読み、問 1～5 に答えよ。

ポンプを使って水を吸い上げる高さに限界があることは古くから知られていた

が、その理由が明らかとなるのは近世になってからである。17 世紀半ばに①ある

イタリアの科学者が一端を封じたガラス管に水銀を封じし、倒立させると、水銀柱の高さが 760 mm で止まることを示した。この科学者は、水銀柱の上部の空

間は真空であり、水銀柱の高さが 760 mm になるのは大気圧 ( $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ ) のためであるとした。

一方、この説には多くの反論があった。フランスの科学者のパスカルは様々な実験を行い、この説が正しいことを確かめた。その一つは、実験を行った山の

山頂と山麓で水銀柱の高さを比較した実験である。この実験により、水銀柱の高さは、山のふもとよりも山頂で低くなることが証明された。水銀柱はそ

のほかに、大気圧計として様々な実験に利用されている。また、⑤水銀の代わりに水を用いて実験を行うと、ポンプを使って水を吸い上げる高さに限界があること

が理解される。

問 1 下線部①の科学者は誰か。次の(1)～(6)から選び、番号で答えよ。

- (1) アボガドロ (2) ゲーリュサック (3) シャルル  
(4) トリチェリ (5) ドルトン (6) ボイル

大気圧と液柱の釣り合い(地上)。

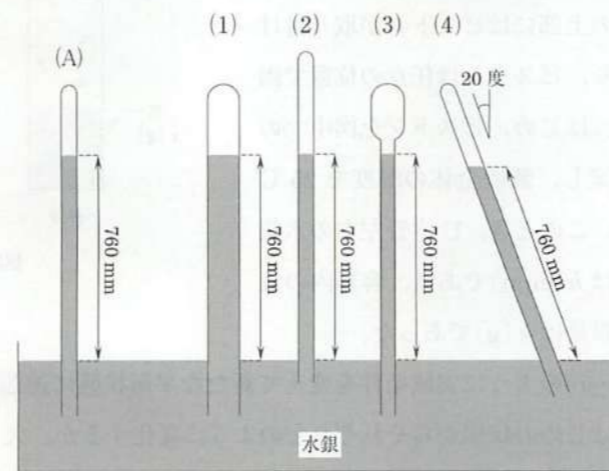
大気圧と液柱の釣り合い(高所)。

飽和蒸気圧と液柱の釣り合い。

注:気液共存である限り、その気体の圧力は

必ず飽和蒸気圧である。

問2 下線部②に関して、下に記した図の説明のように、様々な条件(1)~(4)で水銀柱の高さを測る実験を行った。図中の(A)は、長さ 1000 mm の一端を閉じたガラス管に水銀を満したのちに倒立させた様子である。このときの水銀柱の高さは 760 mm だった。実験結果として誤っているものを図中(1)~(4)から選び、番号で答えよ。



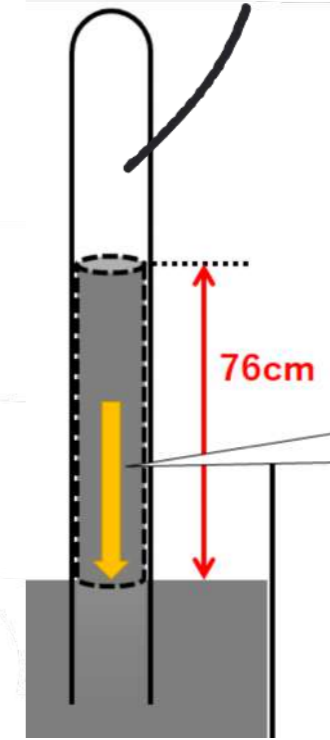
図の説明

- (1) ガラス管の内径を(A)の2倍にした。
- (2) (A)のガラス管を上方向に引き上げた。
- (3) ガラス管上部の空間を(A)より大きくした。
- (4) (A)のガラス管を 20 度傾けた。

問3 下線部③に関して、ピュイ・ド・ドーム山頂の標高は 1460 m である。海拔 0 m の大気圧を  $1.013 \times 10^5$  Pa とし、標高が 10 m 高くなるごとに気圧が  $1.00 \times 10^2$  Pa ずつ下がるとすれば、ピュイ・ド・ドーム山頂における水銀柱の高さは何 mm か。有効数字 3 桁で答えよ。

ポンプを使って水を吸い上げる高さに限界があることは古くから知られていたが、その理由が明らかとなるのは近世になってからである。17世紀半ばに①あるイタリア人科学者が、一端を閉じたガラス管に水銀を満たして倒立させると、水銀柱の高さが760 mmで止まることを示した。この科学者は、水銀柱の上部の空間は真空であると考え、水銀柱の高さが760 mmになるのは②大気圧(1.013×10<sup>5</sup> Pa)のためであるとした。

## トリチェリの真空



2 I

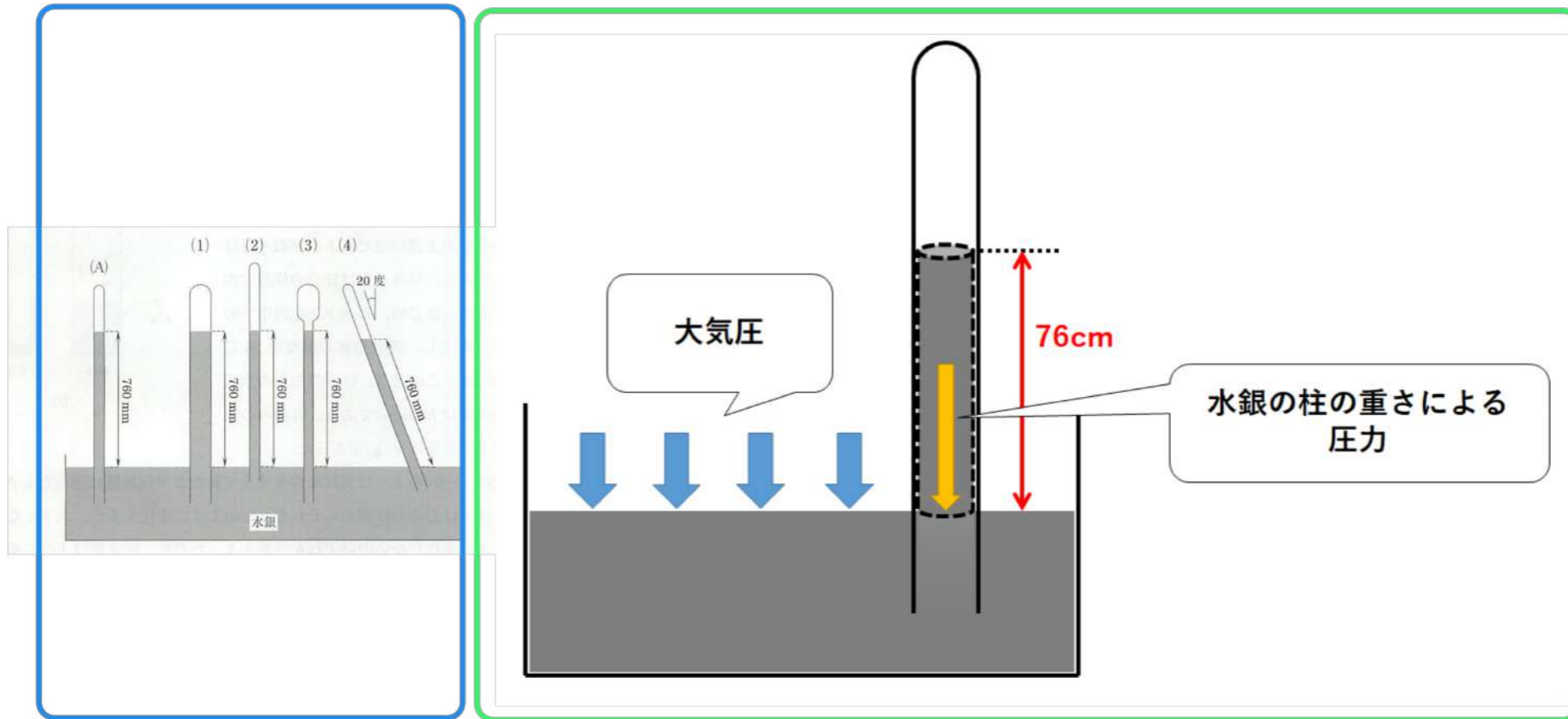
問1、問2 化学史⇨教科書

問1 (4)

ガリレオのお弟子  
さんだそうです。







問1、問2 化学史⇨教科書

問2 (4)

問2 水銀柱の高さは、ガラス管の形や断面積によらず一定となる。

当初、この説には多くの反論があったが、フランス人科学者のパスカルは様々な実験を行い、この説が正しいことを確かめた。その一つは、実験を行った山の名前をとってピュイ・ド・ドームの実験とよばれている。この実験によって、<sup>③</sup>水銀柱の高さは、山のふもとよりも山頂で低くなることが証明された。水銀柱はそ

**問3** 圧力の単位の換算 ⇨ 数学(算数)

**題意の情報の整理。**

問3 ピュイ・ド・ドームの山頂における大気圧は、

$$1.013 \times 10^5 \text{ Pa} - 1.00 \times 10^2 \text{ Pa} \times \frac{1460 \text{ m}}{10 \text{ m}} = 8.67 \times 10^4 \text{ Pa}$$

**単位の換算。**

水銀柱の高さは大気圧に比例するので、 $760 \text{ mm} \times \frac{8.67 \times 10^4 \text{ Pa}}{1.013 \times 10^5 \text{ Pa}} = 650.4 \text{ mm}$

当初、この説には多くの反論があったが、フランス人科学者のパスカルは様々な実験を行い、この説が正しいことを確かめた。その一つは、実験を行った山の名前をとってピュイ・ド・ドームの実験とよばれている。この実験によって③水銀柱の高さは、山のふもとよりも山頂で低くなることが証明された。水銀柱はそ



**問3** 圧力の単位の換算 ⇨ 数学(算数)

**題意の情報の整理。**

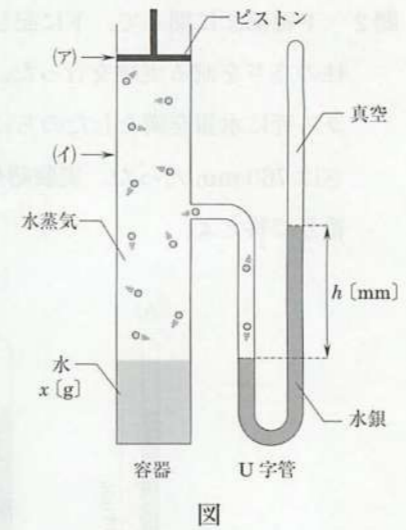
問3 ピュイ・ド・ドームの山頂における大気圧は、

$$1.013 \times 10^5 \text{ Pa} - 1.00 \times 10^2 \text{ Pa} \times \frac{1460 \text{ m}}{10 \text{ m}} = 8.67 \times 10^4 \text{ Pa}$$

**単位の換算。**

$$\text{水銀柱の高さは大気圧に比例するので、} 760 \text{ mm} \times \frac{8.67 \times 10^4 \text{ Pa}}{1.013 \times 10^5 \text{ Pa}} = 650.4 \text{ mm}$$

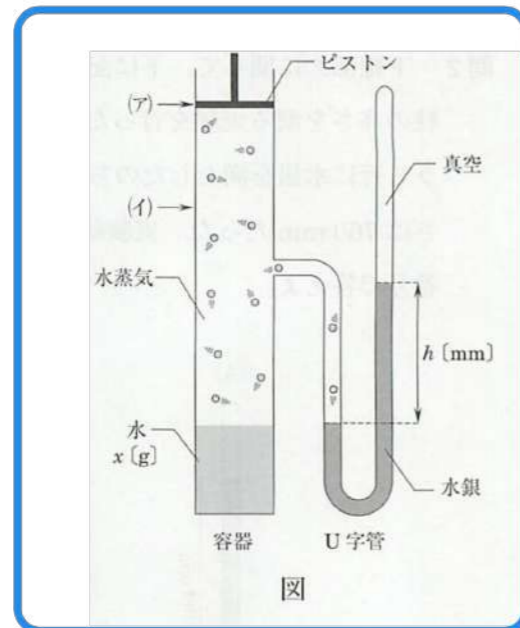
問4 下線部④に関して、右の図のような装置を組み立てて実験を行った。U字管の一端は閉じてあり水銀柱の上部は真空である。もう一端は、水と水蒸気が気液平衡となっている容器につながれている。この容器の上部にはピストンが取り付けられており、ピストンは任意の位置で固定できる。はじめ、ピストンを図中(ア)の位置に固定し、装置全体の温度を25℃に保った。このとき、U字管左右の水銀液面の差は $h$  [mm]であり、容器内の液体の水の質量は $x$  [g]であった。



次の(i)~(iv)のように実験条件を変えて新たな平衡状態に達したとき、 $h$  および  $x$  は、はじめの状態からそれぞれどのように変化するか。大きくなる、小さくなる、変化しないのいずれかで答えよ。ただし、U字管は十分に細く、容積は無視できるものとする。

#### 実験条件

- (i) 装置全体の温度を25℃に保ったまま、ピストンの位置を(i)まで下げた。
- (ii) ピストンの位置は(ア)のまま、装置全体の温度を45℃にした。
- (iii) ピストンの位置は(ア)のまま、装置全体の温度を25℃に保ち、水に少量のNaClを加えた。
- (iv) ピストンの位置は(ア)のまま、装置全体の温度を25℃に保ち、容器に空気を少量加えた。ただし、空気は水に溶けないものとする。

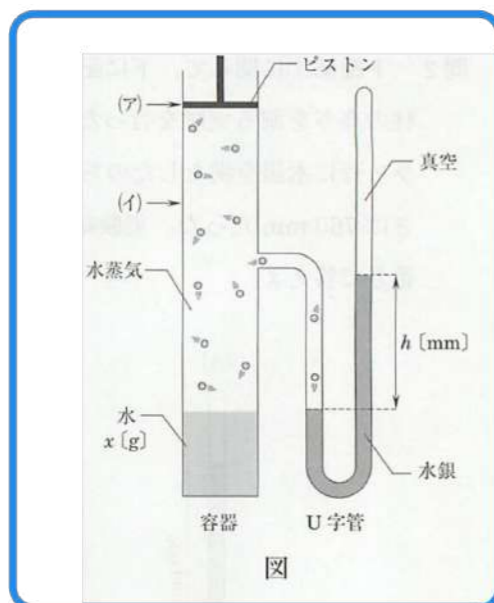


飽和蒸気圧のまま

	水銀面の高さ	水(液体)の質量
体積減少	変化なし	
温度増大		
不揮発性溶質		
空気を加える		

**問4** 飽和蒸気圧、蒸気圧降下、混合気体の圧力の教科書

- 問4 (i) 内部の圧力は飽和蒸気圧で変化しないので  $h$  は変化せず、存在する水蒸気は減少するので  $x$  は大きくなる。
- (ii) 飽和蒸気圧が大きくなり内部の圧力が大きくなるので  $h$  は大きくなり、存在する水蒸気は増加するので  $x$  は小さくなる。
- (iii) 蒸気圧降下が起こるので  $h$  は小さくなり、存在する水蒸気は減少するので  $x$  は大きくなる。
- (iv) 空気を加えた分だけ内部の圧力は大きくなるので  $h$  は大きくなり、存在する水蒸気は変化しないので  $x$  は変化しない。



飽和蒸気圧のまま  
↓  
水銀面の高さ

	水銀面の高さ	水(液体)の質量
体積減少	変化なし	
温度増大	圧力増大	
不揮発性溶質		
空気を加える		

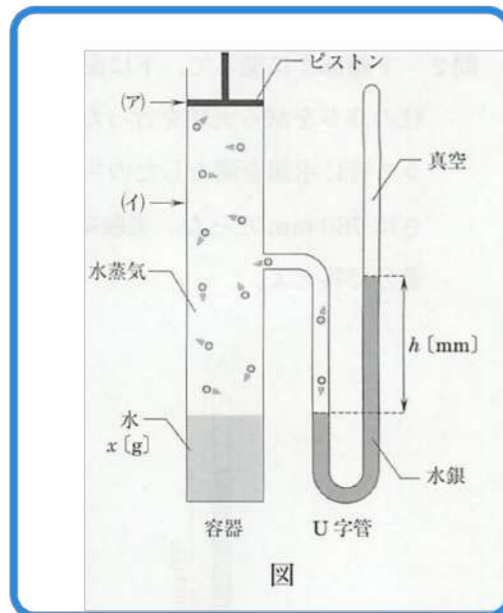
**問4** 飽和蒸気圧、蒸気圧降下、混合気体の圧力 ⇨ 教科書

問4 (i) 内部の圧力は飽和蒸気圧で変化しないので  $h$  は変化せず, 存在する水蒸気は減少するので  $x$  は大きくなる。

(ii) 飽和蒸気圧が大きくなり内部の圧力が大きくなるので  $h$  は大きくなり, 存在する水蒸気は増加するので  $x$  は小さくなる。

(iii) 蒸気圧降下が起こるので  $h$  は小さくなり, 存在する水蒸気は減少するので  $x$  は大きくなる。

(iv) 空気を加えた分だけ内部の圧力は大きくなるので  $h$  は大きくなり, 存在する水蒸気は変化しないので  $x$  は変化しない。

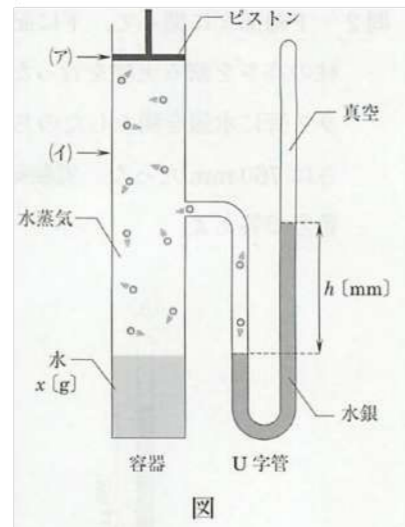


飽和蒸気圧のまま

	↓ 水銀面の高さ	水(液体)の質量
体積減少	変化なし	
温度増大	圧力増大	
不揮発性溶質	圧力減少	
空気を加える		

**問4** 飽和蒸気圧、蒸気圧降下、混合気体の圧力 ⇨ 教科書

- 問4(i) 内部の圧力は飽和蒸気圧で変化しないので  $h$  は変化せず, 存在する水蒸気は減少するので  $x$  は大きくなる。
- (ii) 飽和蒸気圧が大きくなり内部の圧力が大きくなるので  $h$  は大きくなり, 存在する水蒸気は増加するので  $x$  は小さくなる。
- (iii) 蒸気圧降下が起こるので  $h$  は小さくなり, 存在する水蒸気は減少するので  $x$  は大きくなる。
- (iv) 空気を加えた分だけ内部の圧力は大きくなるので  $h$  は大きくなり, 存在する水蒸気は変化しないので  $x$  は変化しない。



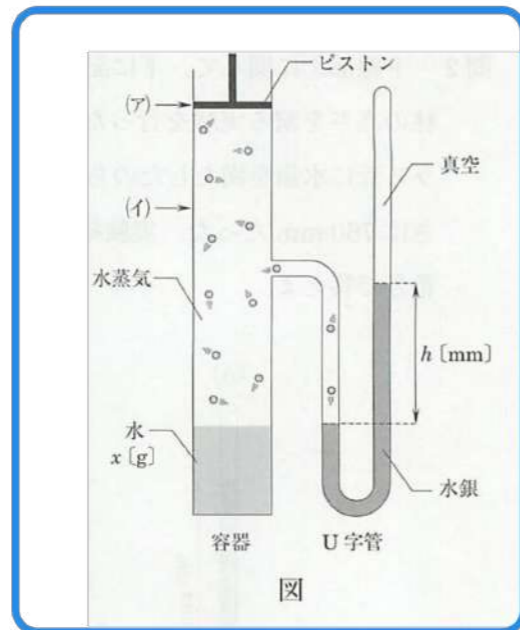
飽和蒸気圧のまま

	水銀面の高さ	水(液体)の質量
体積減少	変化なし	
温度増大	圧力増大	
不揮発性溶質	<del>圧力減少</del>	
空気を加える	圧力増大	

**問4** 飽和蒸気圧、蒸気圧降下、混合気体の圧力 ⇨ 教科書

- 問4 (i) 内部の圧力は飽和蒸気圧で変化しないので  $h$  は変化せず、存在する水蒸気は減少するので  $x$  は大きくなる。
- (ii) 飽和蒸気圧が大きくなり内部の圧力が大きくなるので  $h$  は大きくなり、存在する水蒸気は増加するので  $x$  は小さくなる。
- (iii) 蒸気圧降下が起こるので  $h$  は小さくなり、存在する水蒸気は減少するので  $x$  は大きくなる。
- (iv) 空気を加えた分だけ内部の圧力は大きくなるので  $h$  は大きくなり、存在する水蒸気は変化しないので  $x$  は変化しない。



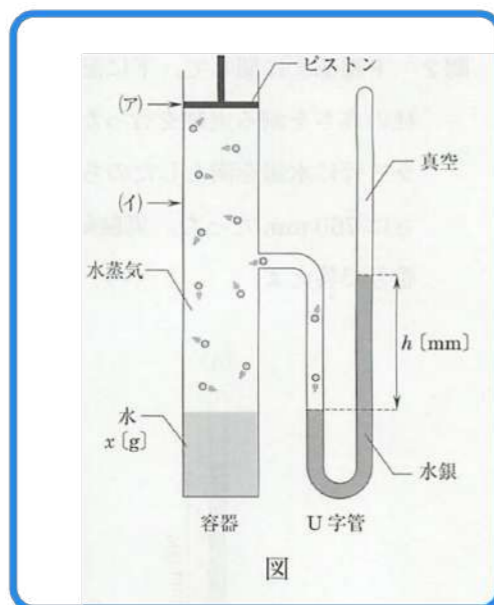


飽和蒸気圧のまま

	水銀面の高さ	水(液体)の質量
体積減少	変化なし	凝縮の進行
温度増大		
不揮発性溶質		
空気を加える		

**問4** 飽和蒸気圧、蒸気圧降下、混合気体の圧力の教科書

- 問4(i) 内部の圧力は飽和蒸気圧で変化しないので  $h$  は変化せず、存在する水蒸気は減少するので  $x$  は大きくなる。
- (ii) 飽和蒸気圧が大きくなり内部の圧力が大きくなるので  $h$  は大きくなり、存在する水蒸気は増加するので  $x$  は小さくなる。
- (iii) 蒸気圧降下が起こるので  $h$  は小さくなり、存在する水蒸気は減少するので  $x$  は大きくなる。
- (iv) 空気を加えた分だけ内部の圧力は大きくなるので  $h$  は大きくなり、存在する水蒸気は変化しないので  $x$  は変化しない。



飽和蒸気圧のまま  
↓  
水銀面の高さ

	水銀面の高さ	水(液体)の質量
体積減少	変化なし	凝縮の進行
温度増大	圧力増大	蒸発の進行
不揮発性溶質		
空気を加える		

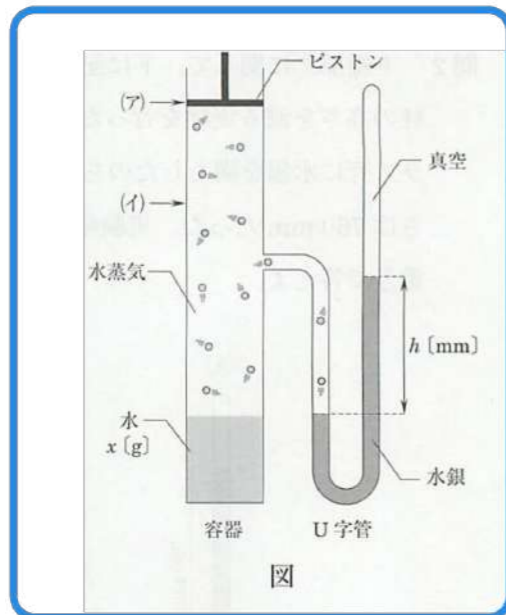
**問4** 飽和蒸気圧、蒸気圧降下、混合気体の圧力 ⇨ 教科書

問4 (i) 内部の圧力は飽和蒸気圧で変化しないので  $h$  は変化せず, 存在する水蒸気は減少するので  $x$  は大きくなる。

(ii) 飽和蒸気圧が大きくなり内部の圧力が大きくなるので  $h$  は大きくなり, 存在する水蒸気は増加するので  $x$  は小さくなる。

(iii) 蒸気圧降下が起こるので  $h$  は小さくなり, 存在する水蒸気は減少するので  $x$  は大きくなる。

(iv) 空気を加えた分だけ内部の圧力は大きくなるので  $h$  は大きくなり, 存在する水蒸気は変化しないので  $x$  は変化しない。

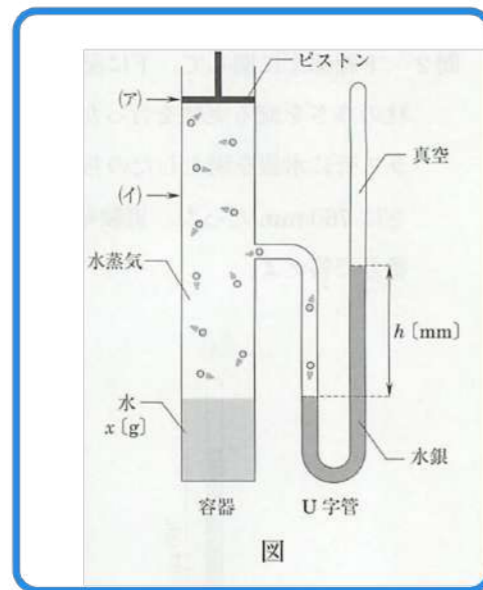


飽和蒸気圧のまま

	水銀面の高さ	水(液体)の質量
体積減少	変化なし	凝縮の進行
温度増大	圧力増大	蒸発の進行
不揮発性溶質	圧力減少	凝縮の進行
空気を加える		

**問4** 飽和蒸気圧、蒸気圧降下、混合気体の圧力 ⇨ 教科書

- 問4 (i) 内部の圧力は飽和蒸気圧で変化しないので  $h$  は変化せず, 存在する水蒸気は減少するので  $x$  は大きくなる。
- (ii) 飽和蒸気圧が大きくなり内部の圧力が大きくなるので  $h$  は大きくなり, 存在する水蒸気は増加するので  $x$  は小さくなる。
- (iii) 蒸気圧降下が起こるので  $h$  は小さくなり, 存在する水蒸気は減少するので  $x$  は大きくなる。
- (iv) 空気を加えた分だけ内部の圧力は大きくなるので  $h$  は大きくなり, 存在する水蒸気は変化しないので  $x$  は変化しない。



飽和蒸気圧のまま  
↓  
水銀面の高さ

	水銀面の高さ	水(液体)の質量
体積減少	変化なし	凝縮の進行
温度増大	圧力増大	蒸発の進行
不揮発性溶質	圧力減少	凝縮の進行
空気を加える	圧力増大	変化なし

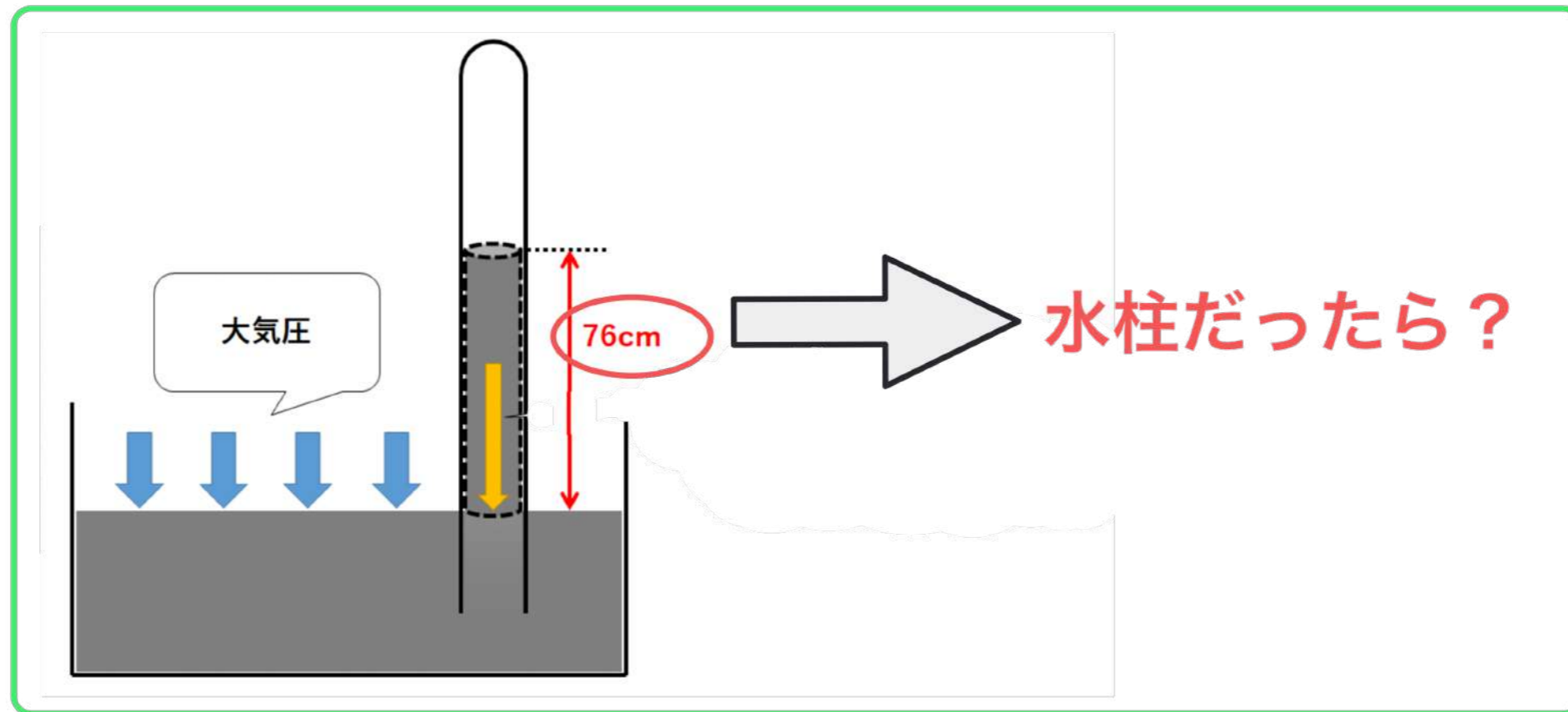
**問4** 飽和蒸気圧、蒸気圧降下、混合気体の圧力 ⇨ 教科書

- 問4 (i) 内部の圧力は飽和蒸気圧で変化しないので  $h$  は変化せず, 存在する水蒸気は減少するので  $x$  は大きくなる。
- (ii) 飽和蒸気圧が大きくなり内部の圧力が大きくなるので  $h$  は大きくなり, 存在する水蒸気は増加するので  $x$  は小さくなる。
- (iii) 蒸気圧降下が起こるので  $h$  は小さくなり, 存在する水蒸気は減少するので  $x$  は大きくなる。
- (iv) 空気を加えた分だけ内部の圧力は大きくなるので  $h$  は大きくなり, 存在する水蒸気は変化しないので  $x$  は変化しない。

問5 下線部⑤に関して、一端を閉じた長い管に水をいれて倒立させたところ、水柱の上部に空間ができた。次の問い(i), (ii)に答えよ。ただし、実験を行った25℃での水の蒸気圧は23.8 mmHgであり、水と水銀の密度はそれぞれ1.00 g/cm<sup>3</sup>, 13.6 g/cm<sup>3</sup>とする。

(i) 水の蒸気圧を無視すると、水柱の高さは何 mm か。有効数字3桁で答えよ。

(ii) 水の蒸気圧を考慮して求められる水柱の高さは、(i)の値に比べて何 mm 変化するか。高くなる場合は+、低くなる場合は-を付して、有効数字3桁で答えよ。

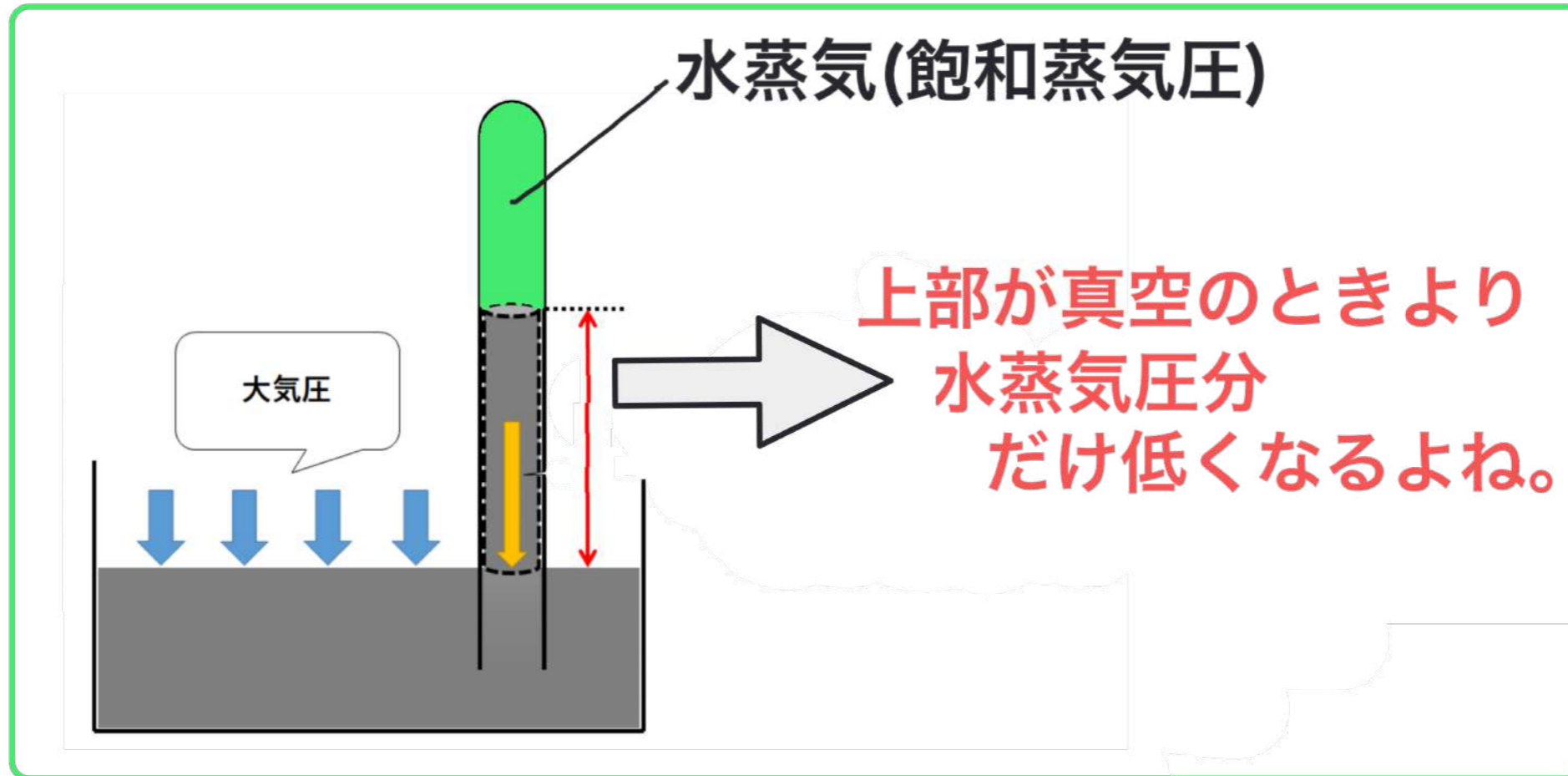


問5 問2 + 問4 的な内容に過ぎない。⇨ 出題パターンの例を知る。

単なる単位の換算に過ぎない。

問5 (i) 大気圧と同じ圧力を示す水柱の高さは、

$$760 \text{ mm} \times \frac{13.6 \text{ g/cm}^3}{1.00 \text{ g/cm}^3} = 1.033 \times 10^4 \text{ mm}$$



(ii) 水柱上部の空間の圧力が水の飽和蒸気圧と等しくなるので、その分水柱の高さは減少する。水の飽和蒸気圧に相当する水柱の高さは、

$$23.8 \text{ mm} \times \frac{13.6 \text{ g/cm}^3}{1.00 \text{ g/cm}^3} = 3.236 \times 10^2 \text{ mm}$$

II 次の文章を読み、問1～4に答えよ。

溶液の凝固点は純粋な溶媒の凝固点よりも低くなる。この現象を凝固点降下という。ある化合物 X (分子量 100) をベンゼンに溶かした溶液では、化合物 X の一部は会合し、二量体を形成することがわかっている。このとき、どの程度二量体を形成したかを表す尺度として、会合度  $\alpha$  を次のように定義する。

$$\alpha = \frac{\text{二量体を形成した化合物 X の物質質量 [mol]}}{\text{溶かした化合物 X の全物質質量 [mol]}} \quad (0 < \alpha \leq 1)$$

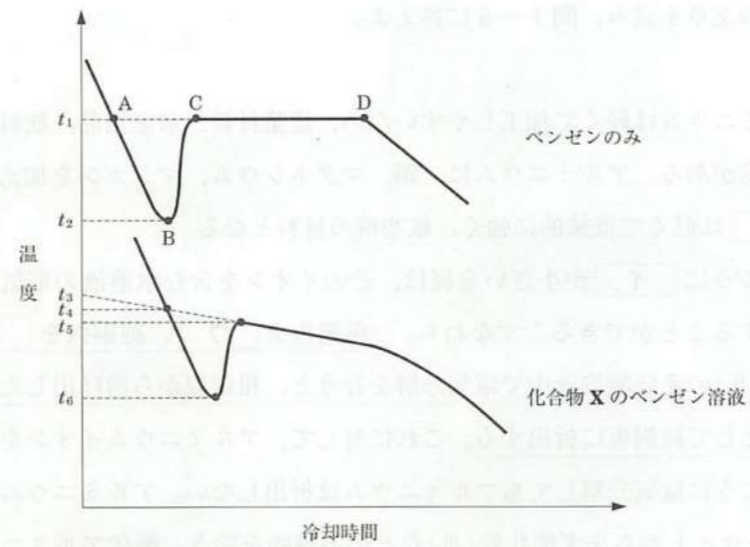
① 非電解、非会合の場合

ベンゼン溶液中の化合物 X の会合度を調べた。このとき、化合物 X をベンゼンに溶かした溶液の凝固点を測定した。ただし、ベンゼンの凝固点は  $5.53\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、ベンゼンのモル凝固点降下は

$5.12\text{ K}\cdot\text{kg/mol}$  とする。また、化合物 X はベンゼンに溶解し、電離せず、  
② 二分子会合の場合  
会合(二量体形成)以外の現象や他の反応は起こらないものとする。

実験 100 g のベンゼンに、4.00 g の化合物 X を溶かした溶液の凝固点を測定することにした。実験を行う前に、溶液中の化合物 X は会合を起こさないものと仮定して凝固点を計算し、①凝固点の予測値を求めた。実際に実験を行ったところ次の図のような結果が得られ、②凝固点の実測値は  $4.33\text{ }^{\circ}\text{C}$  であり、  
予測値とは異なっていた。





図

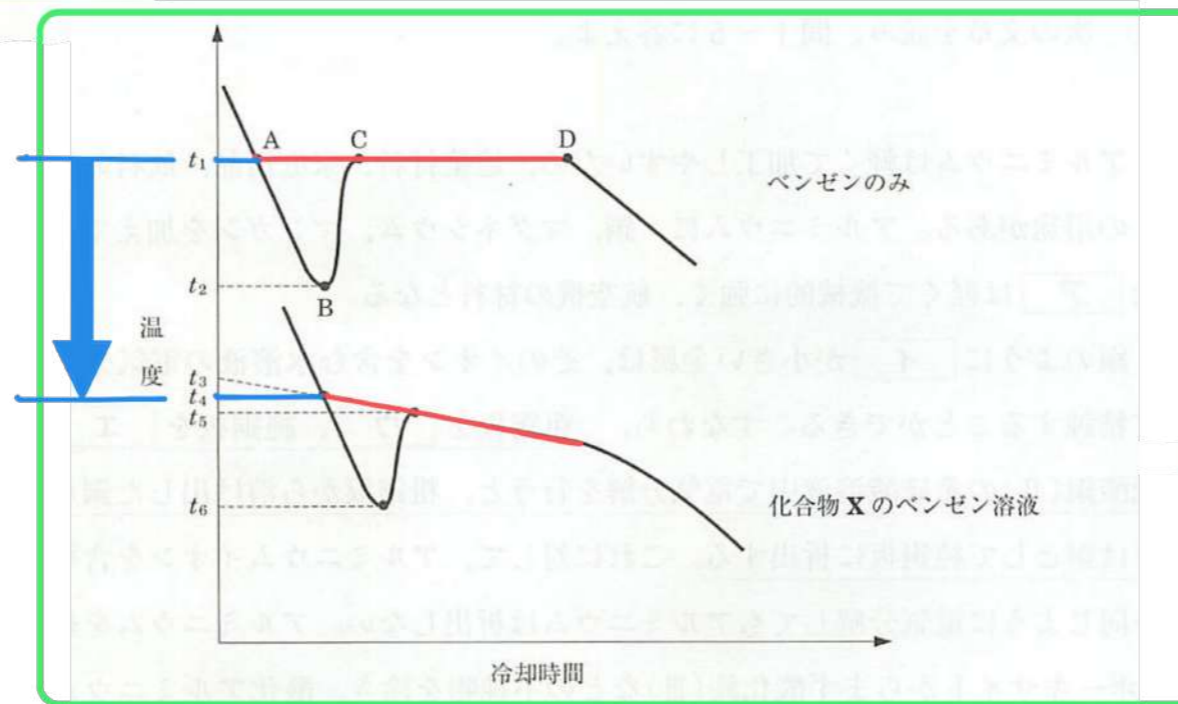
問1 図の2つの曲線は、「ベンゼンのみ」と「化合物 X のベンゼン溶液」の冷却曲線を表している。この化合物 X のベンゼン溶液の凝固点降下度を、 $t_1 \sim t_6$ のうちから必要な文字を用いて表せ。

問2 ベンゼンの凝固が始まるのは、図の点 A, 点 B, 点 C, 点 D のどこか、最も適切なものを選び、その記号を記せ。

問3 実験の下線部①の凝固点の予測値は何℃か。有効数字3桁で記せ。

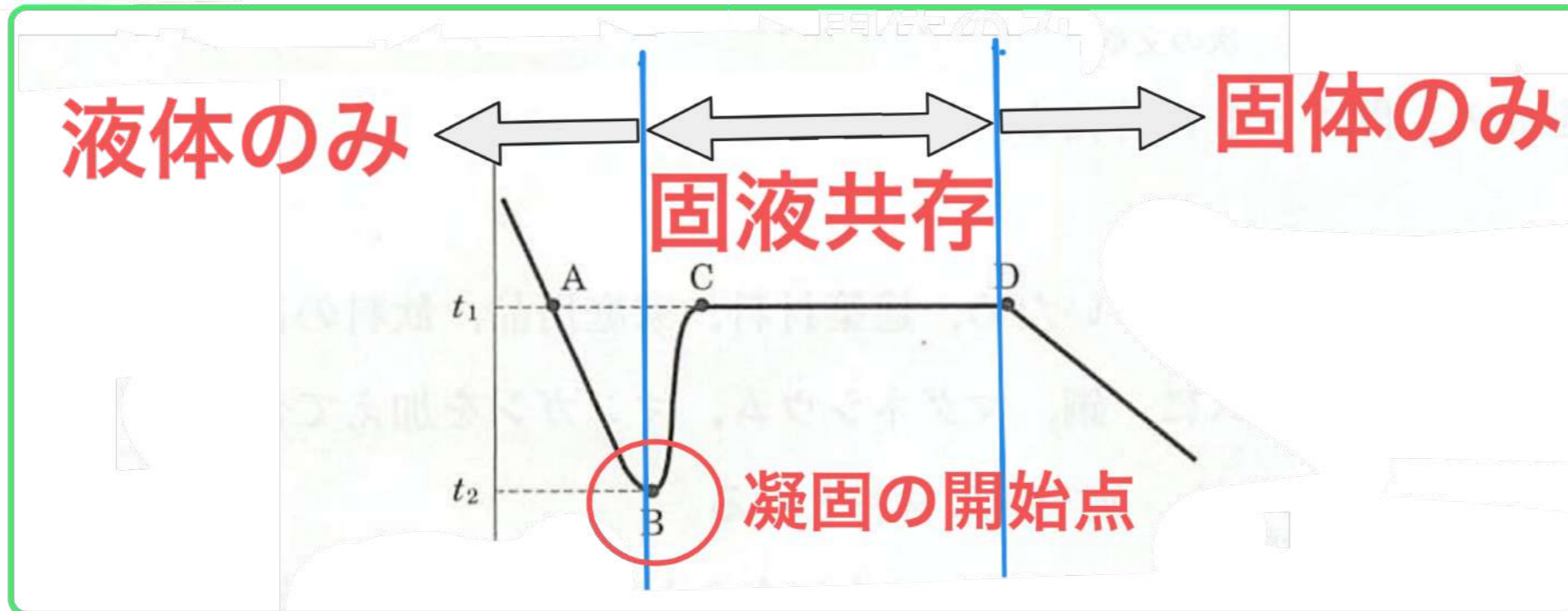
問4 実験の下線部②において、凝固点の予測値と実測値に違いが生じたのは、化合物 X が会合したためと考えられる。溶液中での化合物 X の会合度を有効数字2桁で記せ。

問1 図の2つの曲線は、「ベンゼンのみ」と「化合物Xのベンゼン溶液」の冷却曲線を表している。この化合物Xのベンゼン溶液の凝固点降下度を、 $t_1 \sim t_6$ のうちから必要な文字を用いて表せ。



問1  $t_1 - t_4$

問2 ベンゼンの凝固が始まるのは、図の点A, 点B, 点C, 点Dのどこか, 最も適切なものを選び, その記号を記せ。



問2 B

行った。ただし、ベンゼンの凝固点は  $5.53\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、ベンゼンのモル凝固点降下は  $5.12\text{ K}\cdot\text{kg/mol}$  とする。また、化合物 **X** はベンゼンに完全に溶解し、電離せず、

実験 100 g のベンゼンに、4.00 g の化合物 **X** を溶かした溶液の凝固点を測定することにした。実験を行う前に、溶液中の化合物 **X** は会合を起こさないもの

問3 実験の下線部①の凝固点の予測値は何  $^{\circ}\text{C}$  か。有効数字3桁で記せ。

$$\text{凝固点降下度について } \Delta t_f = K_f \times \frac{w}{M} \times \frac{1000}{W}$$

問3 凝固点降下法による分子量の測定（非電離、非会合の場合）⇨教科書

問3 予測される凝固点降下度を  $\Delta t_b$  [K] とすると、

式への代入

$$\Delta t_b = 5.12\text{ K}\cdot\text{kg/mol} \times \frac{4.00\text{ g}}{\frac{100\text{ g/mol}}{\frac{100}{1000}\text{ kg}}} = 2.048\text{ K}$$

解答の導入

よって、予測される凝固点は、 $5.53 - 2.048 = 3.482\text{ }^{\circ}\text{C}$

行った。ただし、ベンゼンの凝固点は  $5.53\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、ベンゼンのモル凝固点降下は  $5.12\text{ K}\cdot\text{kg/mol}$  とする。また、化合物 **X** はベンゼンに完全に溶解し、電離せず、

実験 100 g のベンゼンに、4.00 g の化合物 **X** を溶かした溶液の凝固点を測定することにした。実験を行う前に、溶液中の化合物 **X** は会合を起こさないもの

問3 実験の下線部①の凝固点の予測値は何  $^{\circ}\text{C}$  か。有効数字3桁で記せ。

$$\text{凝固点降下度について } \Delta t_f = K_f \times \frac{w}{M} \times \frac{1000}{W}$$

問3 凝固点降下法による分子量の測定（非電離、非会合の場合）⇨教科書

問3 予測される凝固点降下度を  $\Delta t_b$  [K] とすると、

式への代入

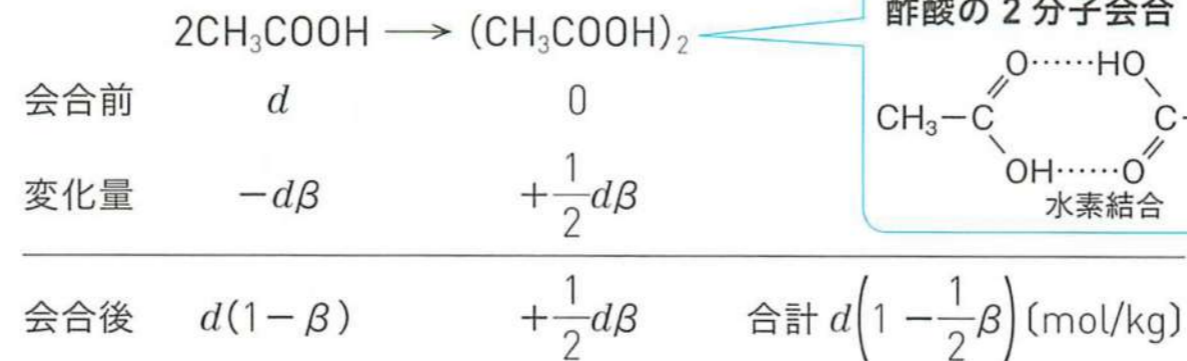
$$\Delta t_b = 5.12\text{ K}\cdot\text{kg/mol} \times \frac{4.00\text{ g}}{\frac{100\text{ g/mol}}{\frac{100}{1000}\text{ kg}}} = 2.048\text{ K}$$

解答の導入

よって、予測される  
凝固点は、 $5.53 - 2.048 = 3.482\text{ }^{\circ}\text{C}$

問4 実験の下線部②において，凝固点の予測値と実測値に違いが生じたのは，化合物 X が会合したためと考えられる。溶液中での化合物 X の会合度を有効数字 2 桁で記せ。

**溶質が会合する場合** 例えば，酢酸  $\text{CH}_3\text{COOH}$  のベンゼン溶液について考えてみましょう。同溶液中での  $\text{CH}_3\text{COOH}$  は，次のように，その一部が会合しています。よって，会合前の酢酸のベンゼン溶液の濃度を  $d$  (mol/kg)，酢酸の会合度を  $\beta$  とおくと，



のように，電離後の全粒子濃度は  $d\left(1-\frac{1}{2}\beta\right)$  (mol/kg) になります。すると，  
会合前の濃度の  $(1-(1/2)\beta)$  倍  
 凝固点降下度などは全粒子濃度に比例するので，

$$\Delta t_f = K \times c \left(1 - \frac{1}{2}\beta\right) = K \times \frac{w}{M} \times \frac{1000}{W} \times \left(1 - \frac{1}{2}\beta\right)$$

↑
↑ 2 分子会合の効果

となります。逆に， $\Delta t_f$  などから，上式より会合度を知ることもできます。

問4 実験の下線部②において、凝固点の予測値と実測値に違いが生じたのは、化合物 X が会合したためと考えられる。溶液中での化合物 X の会合度を有効数字 2 桁で記せ。

## バランスシートを書く。

問4 用いた X の物質質量  $n$ , 会合度  $\alpha$  を用いて平衡時の物質質量を整理すると,

	2X	$\rightleftharpoons$	X <sub>2</sub>	全物質質量
反応前	$n$		0	$n$
変化量	$-n\alpha$		$+\frac{1}{2}n\alpha$	$-\frac{1}{2}n\alpha$
平衡時	$n(1-\alpha)$		$\frac{1}{2}n\alpha$	$n\left(1-\frac{1}{2}\alpha\right)$

## 式に代入する。

$$\Delta t = K \times \frac{w}{M} \times \frac{1000}{W} \times \left(1 - \frac{1}{2}\beta\right)$$

凝固点の実測値が 4.33 °C であることから,

$$(5.53 - 4.33)\text{K} = 5.12 \text{K} \cdot \text{kg/mol} \times \frac{4.00 \text{g}}{100 \text{g/mol}} \times \frac{\left(1 - \frac{1}{2}\alpha\right)}{\frac{100}{1000} \text{kg}} \dots \textcircled{2}$$

## 式を解く。

問3の計算式を①とすると,

$$\frac{\textcircled{2}}{\textcircled{1}} \text{ より, } 1 - \frac{1}{2}\alpha = \frac{1.20 \text{K}}{2.048 \text{K}} \quad \therefore \alpha = 0.828$$

## 簡便な計算方法。

問4 実験の下線部②において、凝固点の予測値と実測値に違いが生じたのは、化合物 X が会合したためと考えられる。溶液中での化合物 X の会合度を有効数字2桁で記せ。

## バランスシートを書く。

問4 用いた X の物質質量  $n$ , 会合度  $\alpha$  を用いて平衡時の物質質量を整理すると,

	$2X$	$\rightleftharpoons$	$X_2$	全物質質量
反応前	$n$		0	$n$
変化量	$-n\alpha$		$+\frac{1}{2}n\alpha$	$-\frac{1}{2}n\alpha$
平衡時	$n(1-\alpha)$		$\frac{1}{2}n\alpha$	$n\left(1-\frac{1}{2}\alpha\right)$

## 式に代入する。

$$\Delta t = K \times \frac{w}{M} \times \frac{1000}{W} \times \left(1 - \frac{1}{2}\alpha\right)$$

凝固点の実測値が 4.33 °C であることから,

$$(5.53 - 4.33)K = 5.12 \text{ K} \cdot \text{kg/mol} \times \frac{4.00 \text{ g} \times \left(1 - \frac{1}{2}\alpha\right)}{\frac{100}{1000} \text{ kg}} \dots \textcircled{2}$$

## 式を解く。

問3の計算式を①とすると、

$$\frac{\textcircled{2}}{\textcircled{1}} \text{ より, } 1 - \frac{1}{2}\alpha = \frac{1.20 \text{ K}}{2.048 \text{ K}} \quad \therefore \alpha = 0.828$$

## 簡便な計算方法。



問4 実験の下線部②において、凝固点の予測値と実測値に違いが生じたのは、化合物 X が会合したためと考えられる。溶液中での化合物 X の会合度を有効数字 2 桁で記せ。

## バランスシートを書く。

問4 用いた X の物質量  $n$ 、会合度  $\alpha$  を用いて平衡時の物質量を整理すると、

	$2X$	$\rightleftharpoons$	$X_2$	全物質量
反応前	$n$		0	$n$
変化量	$-n\alpha$		$+\frac{1}{2}n\alpha$	$-\frac{1}{2}n\alpha$
平衡時	$n(1-\alpha)$		$\frac{1}{2}n\alpha$	$n\left(1-\frac{1}{2}\alpha\right)$

## 式に代入する。

$$\Delta t = K \times \frac{w}{M} \times \frac{1000}{W} \times \left(1 - \frac{1}{2}\beta\right)$$

凝固点の実測値が 4.33 °C であることから、

$$(5.53 - 4.33)\text{K} = 5.12\text{K} \cdot \text{kg/mol} \times \frac{4.00\text{g}}{100\text{g/mol}} \times \left(1 - \frac{1}{2}\alpha\right) \times \frac{100}{1000}\text{kg} \quad \dots \text{②}$$

## 式を解く。

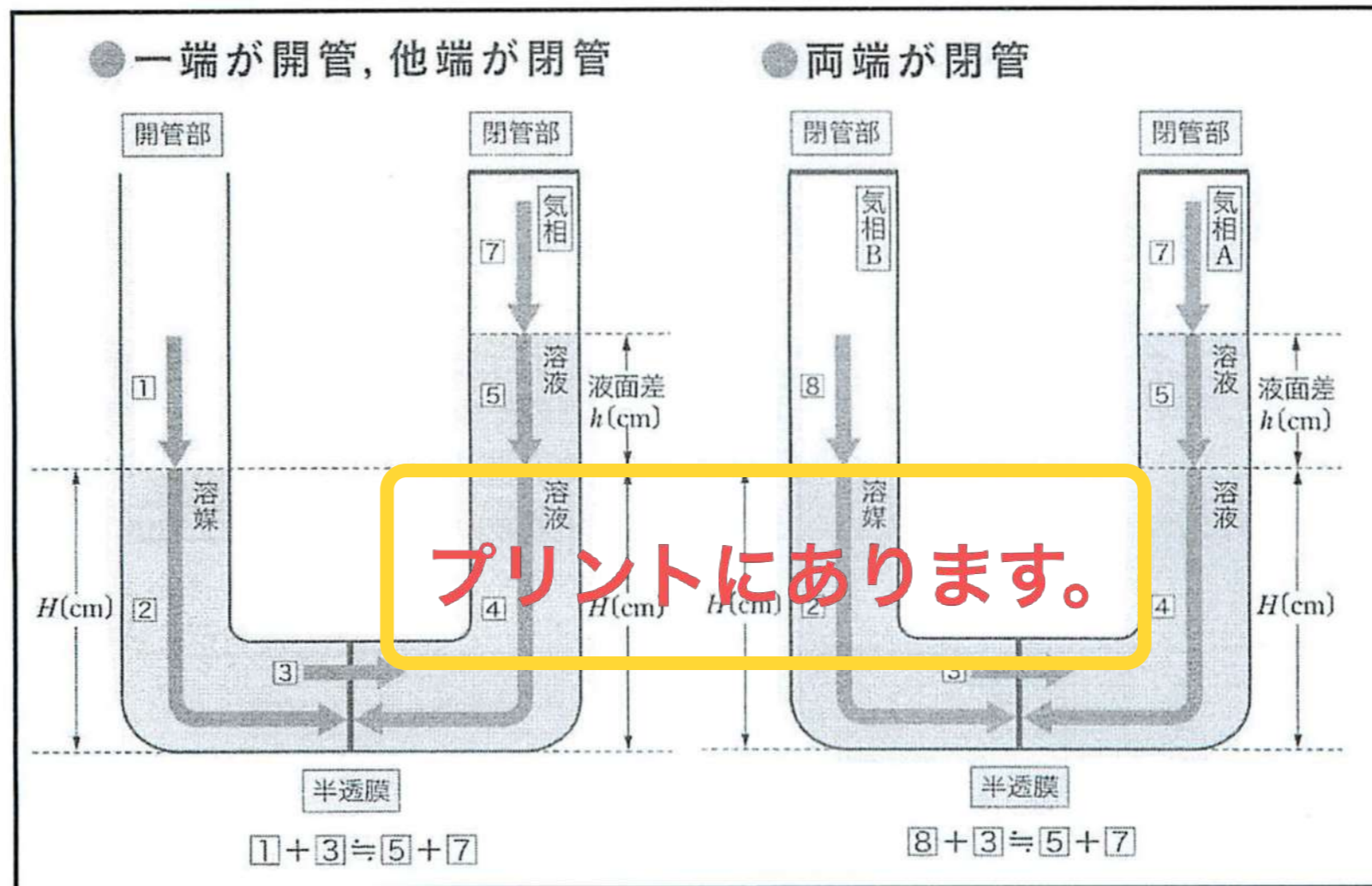
問3の計算式を①とすると、

$$\frac{\text{②}}{\text{①}} \text{ より, } 1 - \frac{1}{2}\alpha = \frac{1.20\text{K}}{2.048\text{K}} \quad \therefore \alpha = 0.828$$

## 簡便な計算方法。

凝固点降下と同じ希薄溶液理論である  
浸透圧について確認しておきたいこと。

参考資料



③ 次の文章を読み、問1～5に答えよ。

アルミニウムは軽く加工しやすいため、建築材料、家庭用品、飲料の缶など多くの用途がある。アルミニウムに、銅、マグネシウム、マンガンを加えて合金としたアは軽く機械的に強く、抗腐食材料である。

銅のようにイが小さい金属は、そのイオンを含む水溶液の電気分解によって精製される。アのうち、①粗銅板をウ、純銅板をエとして、硫酸銅(Ⅱ)の希硫酸溶液中で電気分解を行うと、粗銅板から溶け出した銅(Ⅱ)イオンは銅として純銅板に析出する。これに対して、アルミニウムイオンを含む水溶液を同じように電気分解してもアルミニウムは析出しない。アルミニウムを得るには、②ボーキサイトからまず酸化鉄(Ⅲ)などの不純物を除き、酸化アルミニウムを純粋に取り出す必要がある。ボーキサイトに過剰な酸化ナトリウム水溶液を加えて、加圧・加熱すると、含まれている酸化アルミニウムはオとなり溶解する。この溶液から水酸化アルミニウムを析出させ、これを熱することで純粋な酸化アルミニウムが得られる。このようにして得られる酸化アルミニウムを水晶体とともにカすると、アルミニウムの単体が得られる。

問1 空欄ア～エ、カにあてはまる適切な語を、オにはイオン式を入れよ。

問2 アルミニウムは両性元素であり、酸とも塩基とも反応する。アルミニウムと水酸化ナトリウム水溶液との反応を化学反応式で記せ。

問3 下線部①で、このとき粗銅中に含まれる不純物の鉄、ニッケル、銀はどのような状態になるか。次の(a)～(d)からそれぞれ一つずつ選び、その記号を記せ。

- (a) 酸化物の沈殿                      (b) 水酸化物の沈殿  
(c) 電解液中の陽イオン              (d) 単体の沈殿

**アルミニウムの合金**

**銅の電解精錬**

**アルミニウムの精錬**

**アルミニウムの溶融塩！**

**アルミニウムの単体の性質**

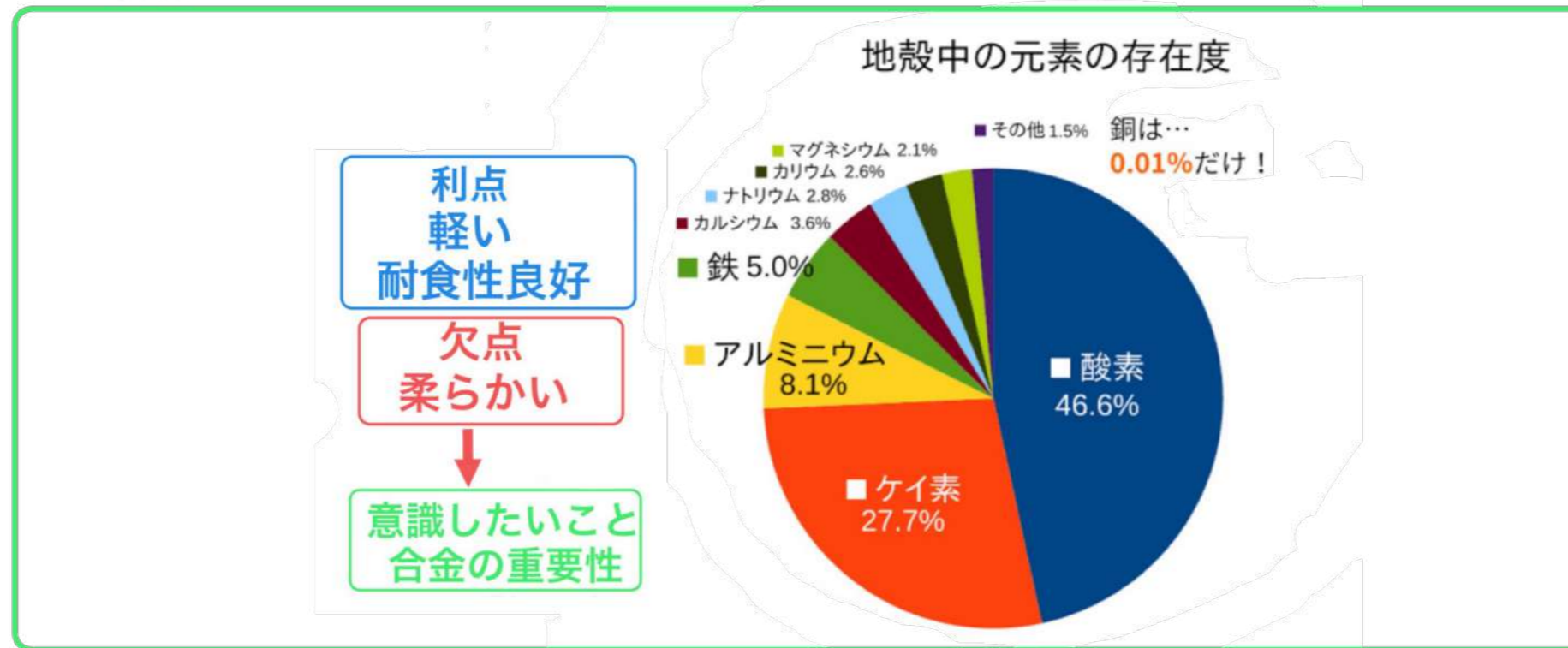
**など銅とアルミの話題が交互に！**

問4 下線部②で、不純物の酸化鉄(Ⅲ)を除いておかないと、の際に不都合が生じる。どのような不都合が生じるかを簡潔に述べよ。

問5 ボーキサイトが、ギブサイト  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  とベーマイト  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  および不純物である酸化鉄(Ⅲ)  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  のみからなるものとする。このボーキサイト 1200 g を水酸化ナトリウム水溶液中で加熱すると、ギブサイトとベーマイトはすべて溶解したが、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  は反応せずに沈殿し、その質量は 180 g であった。得られた水溶液から水酸化アルミニウム  $\text{Al}(\text{OH})_3$  を析出させ、これを加熱することによりすべての  $\text{Al}(\text{OH})_3$  を  $\text{Al}_2\text{O}_3$  とした。この  $\text{Al}_2\text{O}_3$  を融解した氷晶石に溶かし、約 1000 °C において  したところ、すべての  $\text{Al}_2\text{O}_3$  が陰極において金属アルミニウムとなった。このとき陽極では、陽極物質である炭素と酸化物イオンが反応し、一酸化炭素 3.00 mol と二酸化炭素 9.00 mol の混合気体が生成した。次の(1)、(2)に答えよ。ただし、融解した氷晶石は電極での反応には関与しないものとし、原子量は、 $\text{H}=1.0$ ,  $\text{C}=12$ ,  $\text{O}=16$ ,  $\text{Al}=27$ ,  $\text{Fe}=56$ , ファラデー定数は  $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$  とする。

- (1) 上記の  を 965 A の一定電流で行うと、すべての  $\text{Al}_2\text{O}_3$  を金属アルミニウムにするのにかかる時間は何分か。整数値で記せ。
- (2) 用いたボーキサイト中のギブサイトの物質量は何 mol か。有効数字 3 桁で記せ。

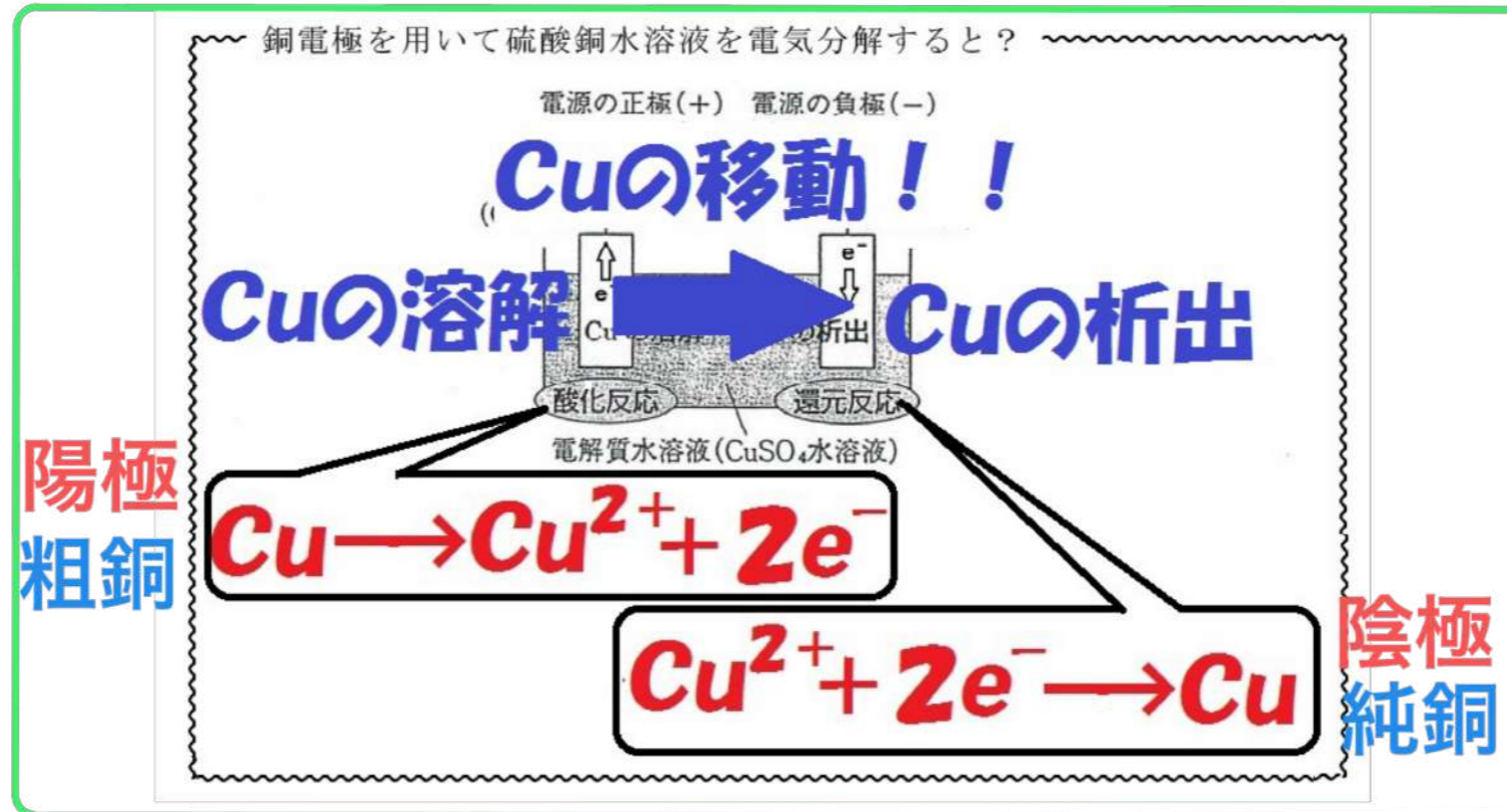
アルミニウムは軽くて加工しやすいため、建築材料、家庭用品、飲料の缶など多くの用途がある。アルミニウムに、銅、マグネシウム、マンガンを加えて合金とした **ア** は軽くて機械的に強く、航空機材料となる。



問1 金属の製錬と精錬 ⇨ 教科書

問1 **ア** : ジュラルミン

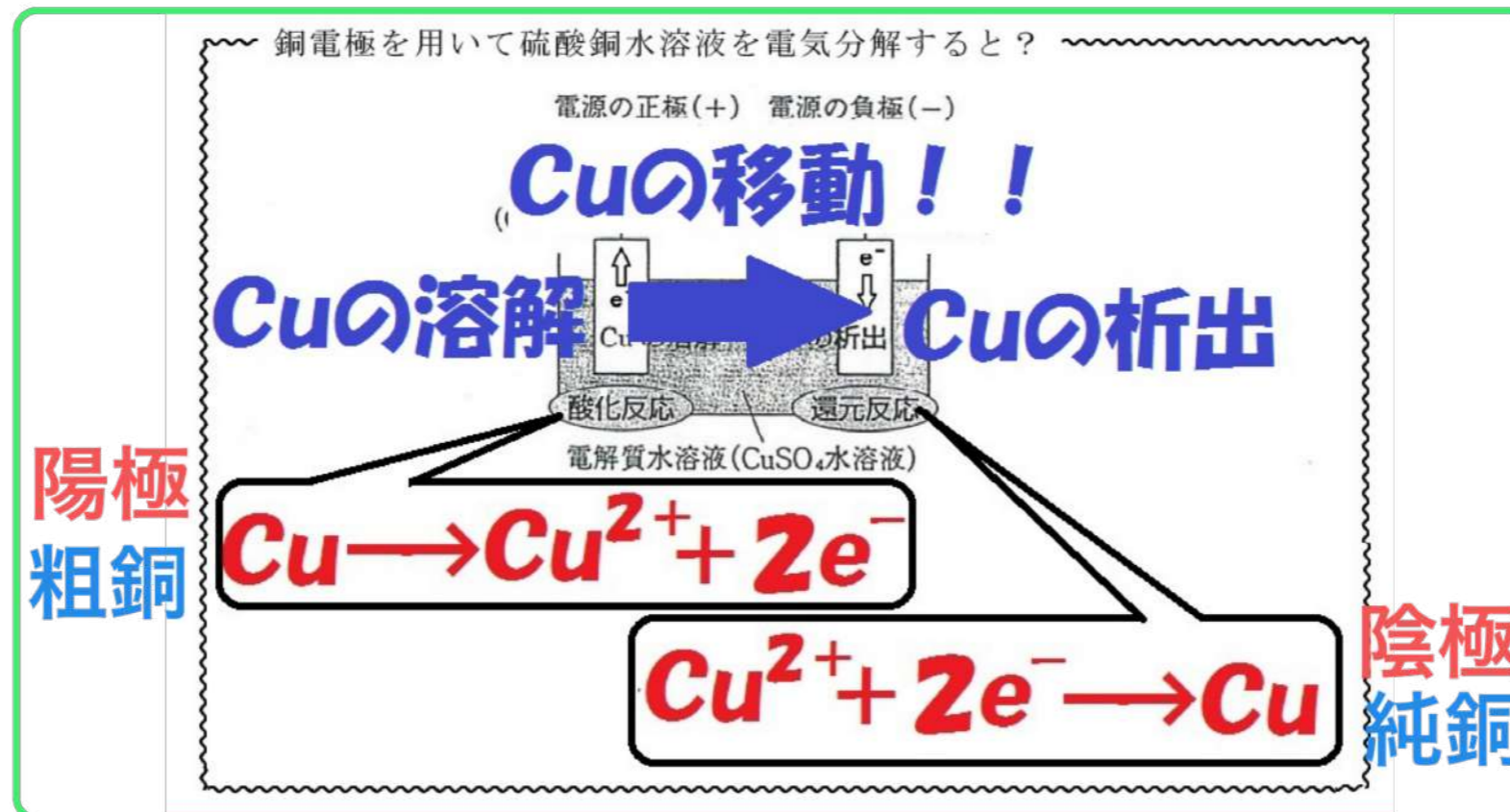
銅のように **イ** が小さい金属を含む水溶液の電気分解によって精錬することができる。すなわち、粗銅板を **ウ**，純銅板を **エ** として、硫酸銅(II)の希硫酸溶液中で電気分解を行うと、粗銅板から溶け出した銅(II)イオンは銅として純銅板に析出する。これに対して、アルミニウムイオンを含む水溶液



問1 金属の製錬と精錬 ⇨ 教科書

問1 **イ** : イオン化傾向    ウ : 陽極    エ : 陰極

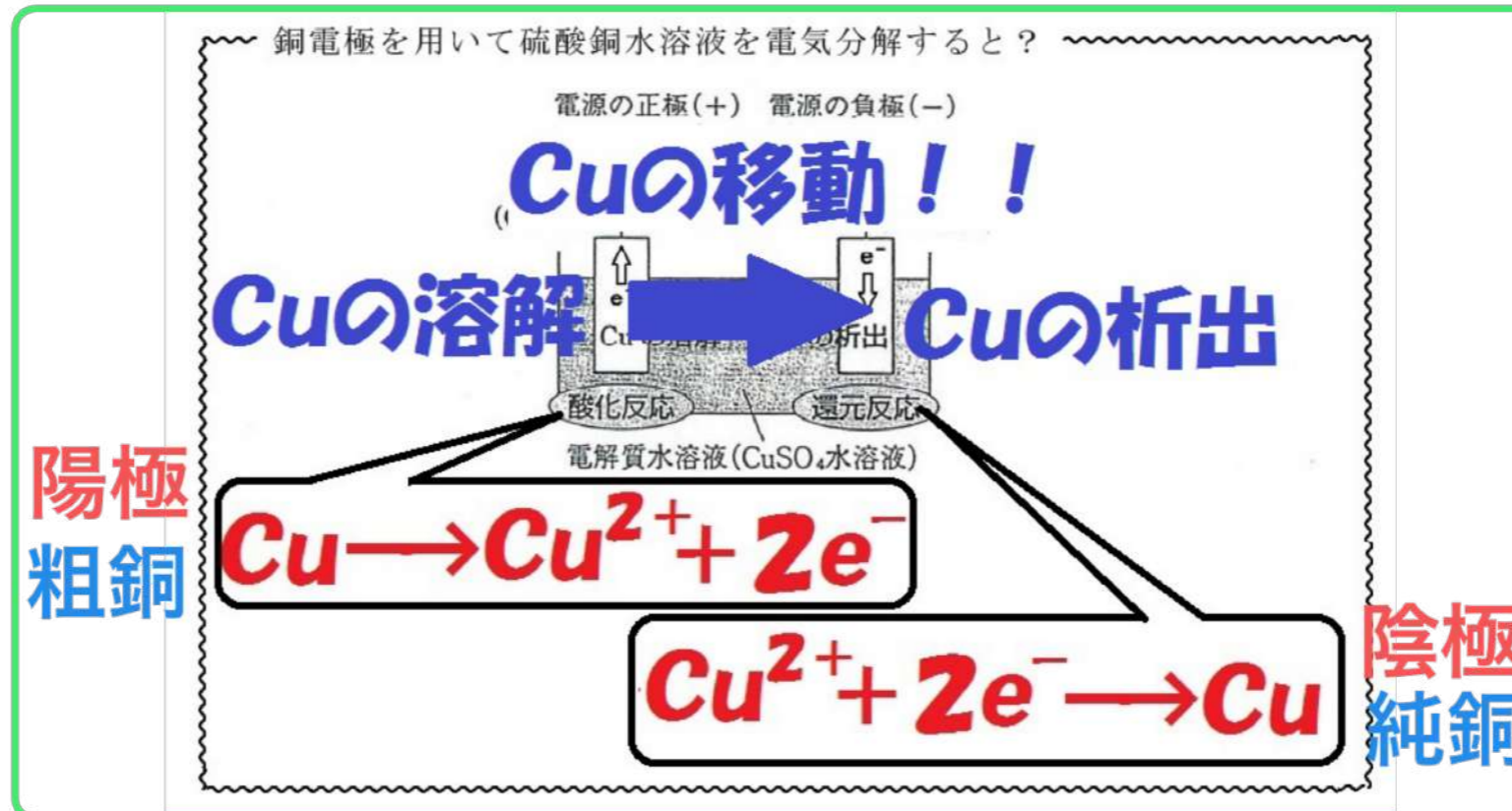
銅のように **イ** が小さい金属は、そのイオンを含む水溶液の電気分解によって精錬することができる。すなわち、**粗銅板を **ウ****、純銅板を **エ** として、硫酸銅(II)の希硫酸溶液中で電気分解を行うと、粗銅板から溶け出した銅(II)イオンは銅として純銅板に析出する。これに対して、アルミニウムイオンを含む水溶液



問1 金属の製錬と精錬 ⇨ 教科書

問1 イ：イオン化傾向 **ウ：陽極** エ：陰極

銅のように **イ** が小さい金属は、そのイオンを含む水溶液の電気分解によって精錬することができる。すなわち、①粗銅板を **ウ**、**純銅板を **エ****として、硫酸銅(Ⅱ)の希硫酸溶液中で電気分解を行うと、粗銅板から溶け出した銅(Ⅱ)イオンは銅として純銅板に析出する。これに対して、アルミニウムイオンを含む水溶液



問1 金属の製錬と精錬 ⇨ 教科書

問1 イ：イオン化傾向      ウ：陽極      **エ：陰極**



問3 下線部①で、このとき粗銅中に含まれる不純物の鉄、ニッケル、銀はどのような状態になるか。次の(a)~(d)からそれぞれ一つずつ選ぶ。その記号を記せ。

- (a) 酸化物の沈殿 (b) 水酸化物の沈殿  
 (c) 電解液中の陽イオン (d) 単体の沈殿

## 結果的に不純物が除去された!

Au

Ag



電源の正極(+) 電源の負極(-)

陽極 電子→ 陰極

粗銅板 純銅板

Cuの溶解 Cuの析出

Fe, Niなどの溶解

Au, Agなどの沈殿

陽極泥 電解質水溶液

(酸性のCuSO<sub>4</sub>水溶液)



銅のみが析出するように、慎重に電圧(電流)を調整し続ける。

Au, Ag: 陽極泥として沈殿

Pb<sup>2+</sup>: PbSO<sub>4</sub>となって沈殿

Fe<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup>: イオンのまま、水溶液中にとどまる。

問3 銅の電解製錬の定番

問3 鉄:(c) ニッケル:(c) 銀:(d)

問3 下線部①で、このとき粗銅中に含まれる不純物の鉄、ニッケル、銀はどのような状態になるか。次の(a)~(d)からそれぞれ一つずつ適切な記号を記せ。

- (a) 酸化物の沈殿 (b) 水酸化物の沈殿  
(c) 電解液中の陽イオン (d) 単体

**結果的に不純物が除去された!**

**Au, Ag: 陽極泥として沈殿**  
**Pb<sup>2+</sup>: PbSO<sub>4</sub>となって沈殿**

**Fe<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup>: イオンのまま、水溶液中にとどまる。**

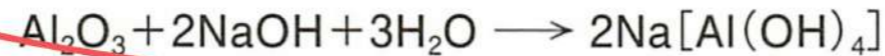
**Cu<sup>2+</sup> + 2e<sup>-</sup> → Cu**  
銅のみが析出するように、慎重に電圧(電流)を調整し続ける。

問3 銅の電解製錬⇨定番

問3 鉄:(c) ニッケル:(c) 銀:(d)

②ボーキサイトからまず酸化鉄(Ⅲ)などの不純物を除き、酸化アルミニウムを純粋に取り出す必要がある。ボーキサイトに濃い水酸化ナトリウム水溶液を加えて、加圧・加熱すると、含まれている酸化アルミニウムは **オ** となり溶解する。この溶液から水酸化アルミニウムを析出させ、これを熱することで純粋な酸化アルミニウムが得られる。このようにして得られた酸化アルミニウムを氷晶石とともに

【「ボーキサイト  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  からアルミナ  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 」の詳細】 まず、ボーキサイト  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  を濃い水酸化ナトリウム水溶液に溶かします。



つぎに、不純物を除去したのちに、同溶液から水酸化アルミニウムを沈殿させ、



さらに、同沈殿を回収・強熱して酸化アルミニウム  $\text{Al}_2\text{O}_3$  とします。



**問1** 金属の製錬と精錬 ⇨ 教科書

問1 **オ** :  $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$

力 : 融解塩電解(熔融塩電解)

② ボーキサイトからまず酸化鉄(Ⅲ)などの不純物を除き, 酸化アルミニウムを純粋に取り出す必要がある。 ボーキサイトに濃い水酸化ナトリウム水溶液を加えて, 加圧・加熱すると, 含まれている酸化アルミニウムは  となり溶解する。 この溶液から水酸化アルミニウムを析出させ, これを熱することで純粋な酸化アルミニウムが得られる。 このようにして得られた酸化アルミニウムを氷晶石とともに

【「ボーキサイト  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  からアルミナ  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 」の詳細】 主成分:  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 不純物を含む まず, 純度の高い ボーキサイト  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  を濃い水酸化ナトリウム水溶液に溶かします。



つぎに, 不純物を除去したのちに, 同溶液から水酸化アルミニウムを沈殿させ,



さらに, 同沈殿を回収・強熱して酸化アルミニウム  $\text{Al}_2\text{O}_3$  とします。



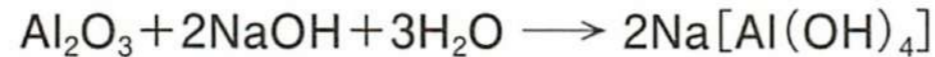
**問1** 金属の製錬と精錬 ⇨ 教科書

問1 オ:  $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$

カ: 融解塩電解(熔融塩電解)

② ボーキサイトからまず酸化鉄(Ⅲ)などの不純物を除き、酸化アルミニウムを純粋に取り出す必要がある。ボーキサイトに濃い水酸化ナトリウム水溶液を加えて、加圧・加熱すると、含まれている酸化アルミニウムは **オ** となり溶解する。この溶液から水酸化アルミニウムを析出させ、**これを熱することで純粋な酸化アルミニウムが得られる。**このようにして得られた酸化アルミニウムを氷晶石とともに

【「ボーキサイト  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  からアルミナ  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 」の詳細】 まず、ボーキサイト  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  を濃い水酸化ナトリウム水溶液に溶かします。



つぎに、不純物を除去したのちに、同溶液から水酸化アルミニウムを沈殿させ、



さらに、同沈殿を回収・強熱して酸化アルミニウム  $\text{Al}_2\text{O}_3$  とします。



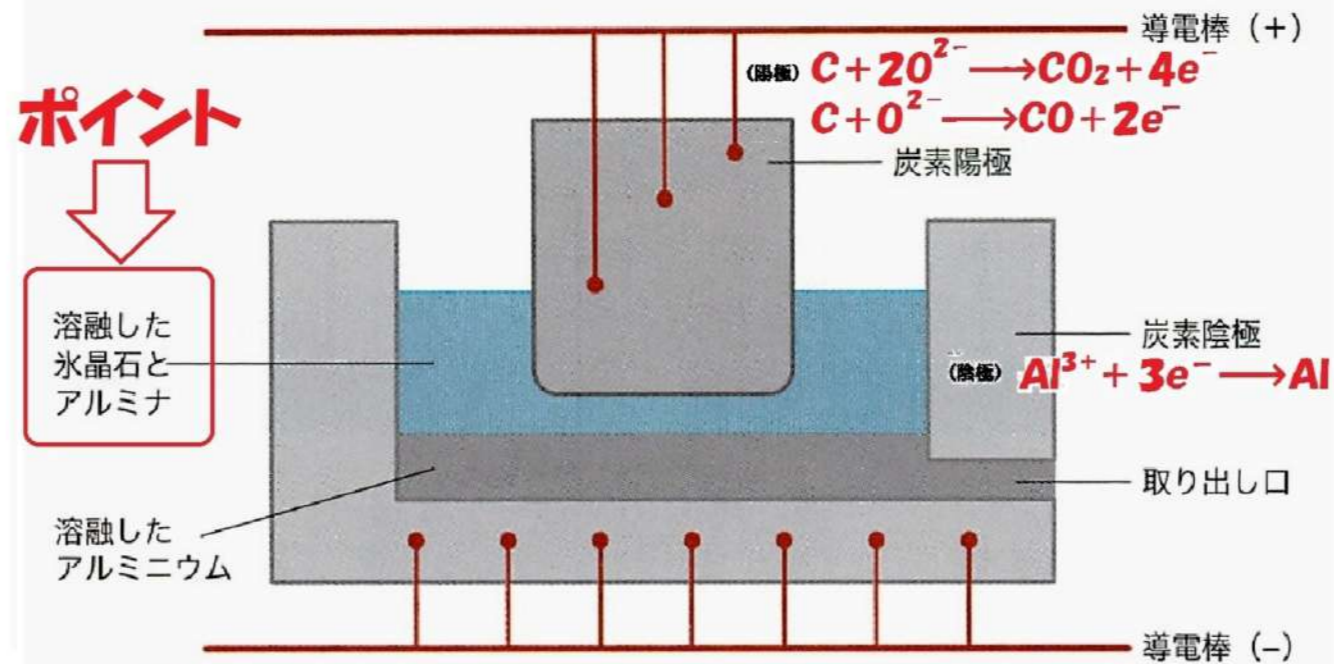
**問1** 金属の製錬と精錬 ⇨ **教科書**

**問1** **オ** :  $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$

**カ** : 融解塩電解(熔融塩電解)

ムが得られる。このようにして得られた酸化アルミニウムを氷晶石とともに  
 力すると、アルミニウムの単体が得られる。

### アルミニウムの溶融塩電解（模式図）



ポイントは、氷晶石  $Na_3AlF_6$  の活用！

問1 金属の製錬と精錬 ⇨ 教科書

問1 才:  $[Al(OH)_4]^-$

力: 融解塩電解 (溶融塩電解)

問4 下線部②で、不純物の酸化鉄(Ⅲ)を除いておかないと、カの際に不都合が生じる。どのような不都合が生じるかを簡潔に述べよ。

☹️「なぜ、熔融塩電解するのですか？ (アルカリ金属の化合物の)水溶液の電気分解ではいけないのですか？」

アルカリ金属のイオン  $M^+$  を含む水溶液を電気分解しても、水が還元 ( $H_2O + 2e^- \longrightarrow H_2 + 2OH^-$ ) され、 $M^+$  は還元されません。つまり、陰極(還元極)では、水素  $H_2$  が発生し、アルカリ金属の単体  $M$  は得られません。仮に得られたとしても、水と反応してしまいますよね。よって、アルカリ金属のイオン  $M^+$  を含む溶液を電気分解します。熔融液中には水はありませんから、 $M^+$  が還元され、陰極でアルカリ金属の単体  $M$  が得られます ( $M^+ + e^- \longrightarrow M$ )。

問4 差が付きそうな問題ですね。入試では、基本的には、教科書の範囲外からの出題はありません。そのことを心しましょう。⇨**出題パターンの例を知る。**

問4 酸化鉄(Ⅲ)を含んだまま融解塩電解すると、陰極で鉄の単体も生成し、アルミニウムのみを取り出すことが困難だから。

問2 アルミニウムは両性元素であり、酸とも塩基とも反応する。アルミニウムと水酸化ナトリウム水溶液との反応を化学反応式で記せ。



④ 塩酸などの酸と反応して、水素を発生する。



水酸化ナトリウム水溶液などの強塩基と反応して、水素を発生する。



問2 両性金属の反応⇔定番



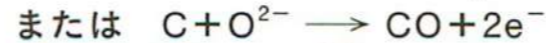


において金属アルミニウムとなった。このとき陽極では、陽極物質である炭素と酸化物イオンが反応し、一酸化炭素 3.00 mol と二酸化炭素 9.00 mol の混合気体が生成した。次の(1), (2)に答えよ。ただし、融解した氷晶石は電極での反

(1) 上記の  を 965 A の一定電流で行うと、すべての  $\text{Al}_2\text{O}_3$  を金属アルミニウムにするのにかかる時間は何分か。整数値で記せ。

**電気分解の計算ときたら電子の物質量!!**

アルミニウムの単体 Al は、酸化アルミニウム  $\text{Al}_2\text{O}_3$  の熔融塩電解（炭素電極）によって得られる。



問5(1)【気体の発生量に関する情報の整理】

**気体の発生量に関する情報の整理**

(2)で用います♥

陽極での CO と  $\text{CO}_2$  の生成反応は次のようになる。



CO が 3.00 mol,  $\text{CO}_2$  が 9.00 mol 生成していることから、流れた電子の物質量は、 $3.00 \text{ mol} \times 2 + 9.00 \text{ mol} \times 4 = 42.0 \text{ mol}$

**流れた電気量に関する情報の整理**

したがって、かかった時間を  $t$  分とすると、

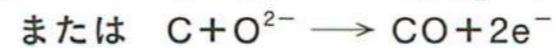
$$\frac{965 \text{ A} \times 60 \text{ s} \times t}{9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}} = 42.0 \text{ mol} \quad \therefore t = 70$$

(1) 70分

において金属アルミニウムとなった。このとき陽極では、陽極物質である炭素と酸化物イオンが反応し、一酸化炭素 3.00 mol と二酸化炭素 9.00 mol の混合気体が生成した。次の(1), (2)に答えよ。ただし、融解した氷晶石は電極での反

(1) 上記の  を 965 A の一定電流で行うと、すべての  $\text{Al}_2\text{O}_3$  を金属アルミニウムにするのにかかる時間は何分か。整数値で記せ。

アルミニウムの単体 Al は、酸化アルミニウム  $\text{Al}_2\text{O}_3$  の熔融塩電解(炭素電極)によって得られる。



問5(1)【気体の発生量に関する情報の整理】

### 気体の発生量に関する情報の整理

陽極での CO と  $\text{CO}_2$  の生成反応は次のようになる。



CO が 3.00 mol,  $\text{CO}_2$  が 9.00 mol 生成していることから、流れた電子の物質量は、 $3.00 \text{ mol} \times 2 + 9.00 \text{ mol} \times 4 = 42.0 \text{ mol}$

### 流れた電気量に関する情報の整理

したがって、かかった時間を  $t$  分とすると、(1) 70 分

$$\frac{965 \text{ A} \times 60 \text{ s} \times t}{9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}} = 42.0 \text{ mol} \quad \therefore t = 70$$

問5 ボーキサイトが、ギブサイト  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  とベーマイト  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  および不純物である酸化鉄(III)  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  のみからなるものとする。このボーキサイト

**電気分解の計算ときたら電子の物質量!!**

(2) 用いたボーキサイト中のギブサイトの物質量は何 mol か。有効数字3桁

問5 (2) 【ボーキサイトの質量に関する情報の整理】

**求めたいものを未知数とする。**

用いたボーキサイト 1200g 中の  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  (式量 156) を  $x$  [mol],  
 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  (式量 120) を  $y$  [mol] とすると

**題意の質量の情報を式に直す。**

ボーキサイトの質量について、 $156\text{g/mol} \times x + 120\text{g/mol} \times y + 180\text{g} = 1200\text{g} \cdots \textcircled{1}$

**前問の電気量の情報を式に直す。**

【『すべてが～アルミニウムとなった』に関する情報の整理】

すべてが Al の単体に変化するため、Al の生成に必要な電子の物質量について、  
 $(2x + 2y) \times 3 = 42.0\text{mol} \cdots \textcircled{2}$

**連立方程式を解く。**

【①、②より】  $x = 5.00\text{ mol}$ ,  $y = 2.00\text{ mol}$       (2) 5.00 mol

問5 ボーキサイトが、ギブサイト  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  とベーマイト  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  および不純物である酸化鉄(III)  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  のみからなるものとする。このボーキサイト 1200 g を水酸化ナトリウム水溶液中で加熱すると、ギブサイトとベーマイトはすべて溶解したが、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  は反応せずに沈殿し、その質量は 180 g であった。

(2) 用いたボーキサイト中のギブサイトの物質量は何 mol か。有効数字 3 桁で記せ。

問5 (2) 【ボーキサイトの質量に関する情報の整理】

**求めたいものを未知数とする。**

用いたボーキサイト 1200g 中の  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  (式量 156) を  $x$  [mol],  
 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  (式量 120) を  $y$  [mol] とすると、

**題意の質量の情報を式に直す。**

ボーキサイトの質量について、 $156\text{g/mol} \times x + 120\text{g/mol} \times y + 180\text{g} = 1200\text{g} \cdots \textcircled{1}$

**前問の電気量の情報を式に直す。**

【『すべてが～アルミニウムとなった』に関する情報の整理】

すべてが Al の単体に変化するため、Al の生成に必要な電子の物質量について、  
 $(2x + 2y) \times 3 = 42.0\text{mol} \cdots \textcircled{2}$

**連立方程式を解く。**

【①、②より】  $x = 5.00\text{ mol}$ ,  $y = 2.00\text{ mol}$       (2) 5.00 mol

問5 ボーキサイトが、ギブサイト  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  とベーマイト  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  および不純物である酸化鉄(III)  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  のみからなるものとする。このボーキサイト 1200 g を水酸化ナトリウム水溶液中で加熱すると、ギブサイトとベーマイトはすべて溶解したが、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  は反応せずに沈殿し、その質量は 180 g であった。

(2) 用いたボーキサイト中のギブサイトの物質質量は何 mol か。有効数字 3 桁で記せ。

問5 (2) 【ボーキサイトの質量に関する情報の整理】

**求めたいものを未知数とする。**

用いたボーキサイト 1200g 中の  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (式量 156)を  $x$  [mol],  
 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (式量 120)を  $y$  [mol]とすると、

**題意の質量の情報を式に直す。**

ボーキサイトの質量について、 $156\text{g/mol} \times x + 120\text{g/mol} \times y + 180\text{g} = 1200\text{g} \cdots \textcircled{1}$

**前問の電気量の情報を式に直す。**

【『すべてが～アルミニウムとなった』に関する情報の整理】

すべてが Al の単体に変化するため、Al の生成に必要な電子の物質質量について、  
 $(2x + 2y) \times 3 = 42.0\text{mol} \cdots \textcircled{2}$

**連立方程式を解く。**

【①、②より】  $x = 5.00\text{ mol}$ ,  $y = 2.00\text{ mol}$       (2) 5.00 mol

問5 ボーキサイトが、ギブサイト  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  とベーマイト  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$  および不純物である酸化鉄(Ⅲ)  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  のみからなるものとする。このボーキサイト 1200 g を水酸化ナトリウム水溶液中で加熱すると、ギブサイトとベーマイトはすべて溶解したが、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  は反応せずに沈殿し、その質量は 180 g であった。

(2) 用いたボーキサイト中のギブサイトの物質量は何 mol か。有効数字 3 桁で記せ。

問5 (2) 【ボーキサイトの質量に関する情報の整理】

**求めたいものを未知数とする。**

用いたボーキサイト 1200g 中の  $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (式量 156)を  $x$  [mol],  
 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (式量 120)を  $y$  [mol]とすると、

**題意の質量の情報を式に直す。**

ボーキサイトの質量について、 $156\text{g/mol} \times x + 120\text{g/mol} \times y + 180\text{g} = 1200\text{g} \cdots \textcircled{1}$

**前問の電気量の情報を式に直す。**

【『すべてが～アルミニウムとなった』に関する情報の整理】

すべてが Al の単体に変化するため、Al の生成に必要な電子の物質量について、  
 $(2x + 2y) \times 3 = 42.0\text{mol} \cdots \textcircled{2}$

**連立方程式を解く。**

【①、②より】  $x = 5.00\text{ mol}$ ,  $y = 2.00\text{ mol}$       (2) 5.00 mol

**有機化学はひたすら問題文の読解のみ!!**

**読み方は多種多様。  
自分の読み方でいいのですよ。  
私は「大胆に推論する」が、きちんと  
「検証する」ことを心掛けています。**

④ 次の実験1～実験6の文章を読み、問1～4に答えよ。ただし、原子量はH=1.0, C=12, O=16とする。

実験1：化合物Aを元素分析したところ、質量パーセントで炭素55.8%、水素0.91%、酸素37.2%であった。

実験2：化合物Aに単体のナトリウムを加えても水素ガスは発生しなかった。また希塩酸中で加熱してもカルボン酸は生じなかった。一方、フェーリング液を加えると赤色沈殿を生じた。

実験3：化合物Aに臭素水を加えると、ただちに脱色し化合物Bとなった。実験4：化合物Aを酸化すると、酸性を示す化合物Cが得られた。化合物Cも臭素水を脱色することがわかった。

実験5：化合物Cを5.00 mgとり、0.20 mol/LのNaOH水溶液10.00 mLに溶かした。この水溶液を0.050 mol/Lのシュウ酸水溶液で滴定したところ、中和するのに15.0 mLを必要とした。また、この分子量は200以下であった。

実験6：化合物Aに触媒を加えて水素ガスと反応させたところ、不斉炭素原子を持つ化合物Dが得られた。

問1 Aの組成式を記せ。

問2 文中の下線部の赤色沈殿の化学式を記せ。

問3 化合物Cの分子量を求め、整数値で記せ。

問4 化合物Aの構造式を記せ。ただし化合物Aに立体異性体がある場合は、それらを区別せずに記すこと。

実験1：化合物 A を元素分析したところ、質量パーセントで炭素 55.8 %，水素 6.97 %，酸素 37.2 % であった。

4

有機化学の構造推定のポイントも「問題文の読解」⇨**解法パターンを身に付ける。**

【実験1】 化合物 A に含まれる成分元素の物質質量比は、

$$\text{C:H:O} = \frac{55.8}{12} : \frac{6.97}{1.0} : \frac{37.2}{16} = 4 : 6.97 : 2.325 = 2:3:1 \cdots \textcircled{1}$$



実験2：化合物 A に単体のナトリウムを加えても水素ガスは発生しなかった。また希塩酸中で加熱してもカルボン酸は生じなかった。一方、フェーリング液を加えると赤色沈殿を生じた。

【実験2】 ナトリウムと反応しないことから A にはヒドロキシ基が存在しない。…②

希塩酸中で加熱してもカルボン酸が生じないので A はエステルではない。…③

フェーリング液を還元することから A はアルデヒド基をもつ …④

実験2：化合物 A に単体のナトリウムを加えても水素ガスは発生しなかった。また希塩酸中で加熱してもカルボン酸は生じなかった。一方、フェーリング液を加えると赤色沈殿を生じた。

【実験2】 ナトリウムと反応しないことから A にはヒドロキシ基が存在しない。…②

希塩酸中で加熱してもカルボン酸が生じないので A はエステルではない。…③

フェーリング液を還元することから A はアルデヒド基をもつ …④

実験2：化合物 A に単体のナトリウムを加えても水素ガスは発生しなかった。また希塩酸中で加熱してもカルボン酸は生じなかった。一方、フェーリング液を加えると赤色沈殿を生じた。

【実験2】 ナトリウムと反応しないことから A にはヒドロキシ基が存在しない。…②

希塩酸中で加熱してもカルボン酸が生じないので A はエステルではない。…③

フェーリング液を還元することから A はアルデヒド基をもつ …④

実験3：化合物 **A** に臭素水を加えると、ただちに脱色し化合物 **B** となった。

【実験3】 臭素と反応することから **A** には炭素間二重結合がひとつ存在する。…⑤

実験2より、Aはアルデヒド基をもつ。

実験4 化合物Aを酸化すると、酸性を示す化合物Cが得られた。化合物Cも臭素水を脱色することがわかった。

【実験4】④より、Cはカルボン酸である。AのもつC=Cは変化していない。

⇒ アルデヒドAに比べて分子量が16増えているはず。…⑥

実験4：化合物 A を酸化すると、酸性を示す化合物 C が得られた。化合物 C も臭素水を脱色することがわかった。

【実験4】 ④より、C はカルボン酸である。A のもつ C=C は変化していない。

⇒ アルデヒド A に比べて分子量が 16 増えているはず。…⑥

実験5：化合物 C を 50.00 mg とり，0.20 mol/L の NaOH 水溶液 10.00 mL に溶かした。この水溶液を 0.050 mol/L のシュウ酸水溶液で滴定したところ，中和するのに 15.10 mL を必要とした。また，C の分子量は 200 以下であった。

## 中和反応の量的関係の式を立てる。

【実験5】 C を  $n$  価の酸，その分子量を  $M$  とすると

すべての酸の「価数 × 物質質量」 = すべての塩基の「価数 × 物質質量」

$$n \times \frac{50.00 \times 10^{-3} \text{ g}}{M \text{ g/mol}} + 2 \times 0.050 \text{ mol/L} \times \frac{15.10}{1000} \text{ L} = 1 \times 0.20 \text{ mol/L} \times \frac{10.00}{1000} \text{ L}$$

式を解く。

∴  $M = 102n$  分子量が 200 以下であることから， $n=1$ ， $M=102$  と決まる。

実験5：化合物 C を 50.00 mg とり，0.20 mol/L の NaOH 水溶液 10.00 mL に溶かした。この水溶液を 0.050 mol/L のシュウ酸水溶液で滴定したところ，中和するのに 15.10 mL を必要とした。また，C の分子量は 200 以下であった。

### 中和反応の量的関係の式を立てる。

【実験5】 C を  $n$  価の酸，その分子量を  $M$  とすると

すべての酸の「価数 × 物質質量」 = すべての塩基の「価数 × 物質質量」

$$n \times \frac{50.00 \times 10^{-3} \text{ g}}{M \text{ g/mol}} + 2 \times 0.050 \text{ mol/L} \times \frac{15.10}{1000} \text{ L} = 1 \times 0.20 \text{ mol/L} \times \frac{10.00}{1000} \text{ L}$$

### 式を解く。

∴  $M = 102n$  分子量が 200 以下であることから， $n=1$ ， $M=102$  と決まる。



式を解く。

$\therefore M = 102n$  分子量が 200 以下であることから,  $n=1$ ,  $M=102$  と決まる。

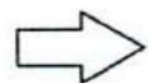
⑥と①より

アルデヒド A に比べて分子量が 16 増えているはず。...⑥

C:H:O = 2:3:1 ...①

⑥より、A の分子量は 86 であり、①より、その分子式は  $C_4H_6O_2$  とわかる。

不飽和数を確認しよう！



不飽和度が  $\frac{2 \times 4 + 2 - 6}{2} = 2$  である。

④、⑤に矛盾せず、②(③)より、エーテル結合がひとつ存在することがわかる。

フェーリング液を還元することから A はアルデヒド基をもつ ...④

臭素と反応することから A には炭素間二重結合がひとつ存在する。...⑤

ナトリウムと反応しないことから A にはヒドロキシ基が存在しない。...②

希 希塩酸中で加熱してもカルボン酸が生じないので A はエステルではない。...③

## 式を解く。

$\therefore M = 102n$  分子量が 200 以下であることから,  $n=1$ ,  $M=102$  と決まる。

⑥と①より

アルデヒド A に比べて分子量が 16 増えているはず。...⑥

C:H:O = 2:3:1 ...①

⑥より、A の分子量は 86 であり、①より、その分子式は  $C_4H_6O_2$  とわかる。

## 不飽和数を確認しよう♥

⇒ 不飽和度が  $\frac{2 \times 4 + 2 - 6}{2} = 2$  である。

④、⑤に矛盾せず、②(③)より、エーテル結合がひとつ存在することがわかる。

フェーリング液を還元することから A はアルデヒド基をもつ ...④

臭素と反応することから A には炭素間二重結合がひとつ存在する。...⑤

ナトリウムと反応しないことから A にはヒドロキシ基が存在しない。...②

希希塩酸中で加熱してもカルボン酸が生じないので A はエステルではない。...③

## 式を解く。

$\therefore M = 102n$  分子量が 200 以下であることから,  $n=1$ ,  $M=102$  と決まる。

⑥と①より

アルデヒド A に比べて分子量が 16 増えているはず。...⑥

C:H:O = 2:3:1 ...①

⑥より、A の分子量は 86 であり, ①より、その分子式は  $C_4H_6O_2$  とわかる。

## 不飽和数を確認しよう♥

⇒ 不飽和度が  $\frac{2 \times 4 + 2 - 6}{2} = 2$  である。

④、⑤に矛盾せず、②(③)より、エーテル結合がひとつ存在することがわかる。

フェーリング液を還元することから A はアルデヒド基をもつ ...④

臭素と反応することから A には炭素間二重結合がひとつ存在する。...⑤

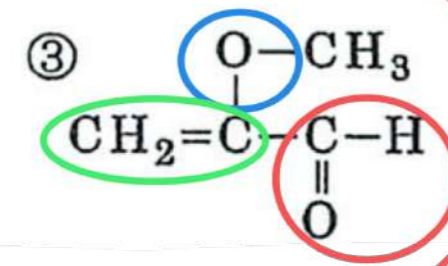
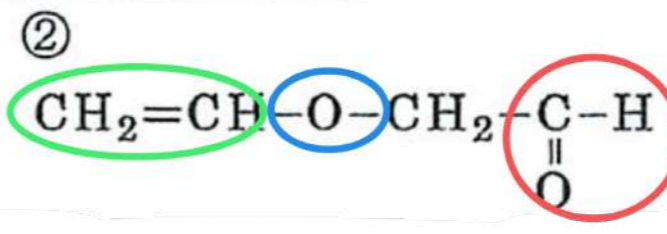
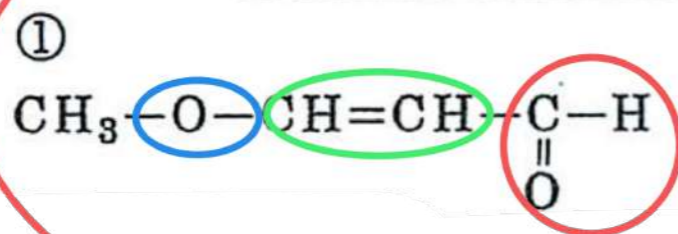
ナトリウムと反応しないことから A にはヒドロキシ基が存在しない。...②

希希塩酸中で加熱してもカルボン酸が生じないので A はエステルではない。...③

【ここまでの結論】

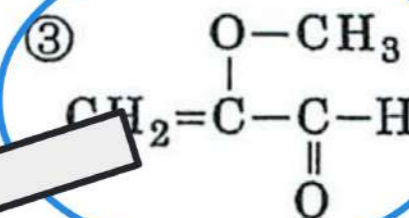
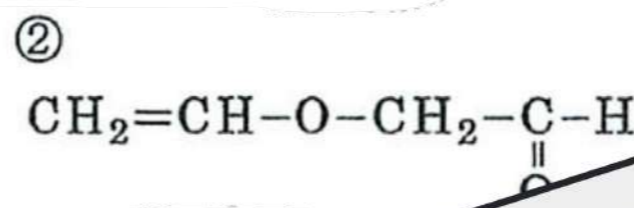
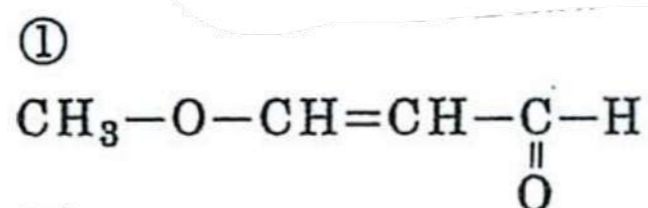
以上の条件を満たす構造は次の3種類である。

アルデヒド基  $C=C$ 、エーテル結合  $C_4H_6O_2$

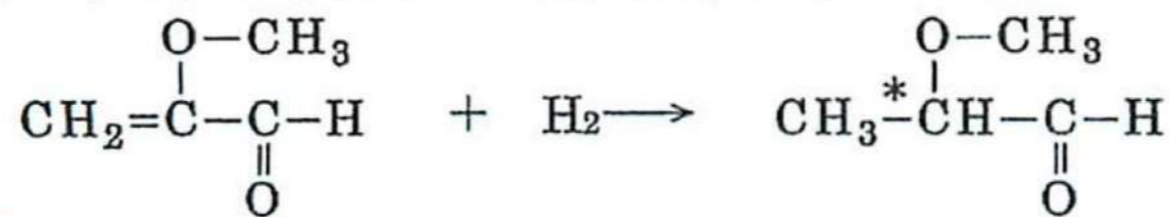


異性体を探るときに気を付けたいことは  
同じ物質の重複を見落さないこと。

実験6：化合物 **A** に触媒を加えて水素ガスと反応させたところ、不斉炭素原子を持つ化合物 **D** が得られた。

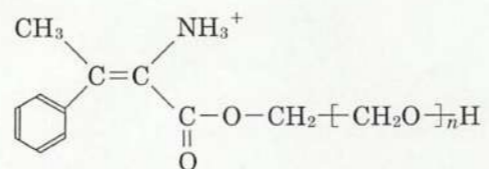


【実験6】 ①～③のうち、水素付加で不斉炭素原子（\*で示す）を生じるのは③のみ。



5 次の文章を読み、問1～5に答えよ。原子量はH=1.0, C=12, N=14, O=16とする。なお、構造式は例にならって記すこと。

構造式の例



タンパク質は、多数のアミノ酸が **ア** 重合によって長くつながってできた高分子化合物を基本としている。アミノ酸は、分子内に **イ** 基と **ウ** 基をもつ化合物の総称であり、特に、**イ** 基と **ウ** 基が同じ炭素原子に結合しているアミノ酸を  $\alpha$ -アミノ酸という。天然の  $\alpha$ -アミノ酸は、**エ** を除いて **オ** 炭素原子があり、光学異性体が存在する。タンパク質は、生命現象を支える重要な役割を果たしており、皮膚や筋肉などの組織を構成している。また、羊毛や絹の主成分もタンパク質であり、これらは衣料などの繊維材料としても用いられている。

$\alpha$ -アミノ酸のように、2つ以上の官能基をもつ分子を **ア** 重合させることで、様々な高分子化合物を得ることができる。例えば、①ヘキサメチレンジアミンとアジピン酸から合成されるナイロン66は、絹の代替品として開発された高分子化合物である。ナイロン66は、絹に似た化学構造を含み、分子間に **カ** 結合が形成されて強い繊維となる。

問1 文中の空欄 **ア** ～ **カ** に最も適する語句を記入せよ。

問2  $\alpha$ -アミノ酸の1つであるアラニン(分子式  $C_3H_7NO_2$ )の等電点は6.0である。アラニン水溶液のpHを、(a)1.0, (b)6.0, (c)11.0にしたとき、それぞれの水溶液に最も多く存在するアラニンのイオンを構造式で示せ。

問3 2分子のアラニンと2分子のフェニルアラニンから構成される鎖状のペプチドには何種類の構造異性体が存在するかを答えよ。ただし、 $\alpha$ -アミノ酸はすべてL型であるとし、イオン化状態の違いは考慮しなくてよい。

タンパク質は、多数のアミノ酸が **ア** 重合によって長くつながってできた高分子化合物を基本としている。アミノ酸は、分子内に **イ** 基と **ウ** 基をもつ化合物の総称であり、特に、**イ** 基と **ウ** 基が同じ炭素原子に結合しているアミノ酸を  $\alpha$ -アミノ酸という。天然の  $\alpha$ -アミノ酸は、**エ** を除いて **オ** 炭素原子があり、光学異性体が存在する。タンパク質は、生命現象を支える重要な役割を果たしており、皮膚や筋肉などの組織を構成している。また、羊毛や絹の主成分もタンパク質であり、これらは衣料などの繊維材料としても用いられている。

5

**問1** 高分子化合物（および、その単量体）の基本⇨教科書

問1 **ア**：縮合

**イ**：アミノ

**ウ**：カルボキシ

**エ**：グリシン

**オ**：不斉

タンパク質は、多数のアミノ酸が **ア** 重合によって長くつながってできた高分子化合物を基本としている。アミノ酸は、分子内に **イ** 基と **ウ** 基をもつ化合物の総称であり、特に、**イ** 基と **ウ** 基が同じ炭素原子に結合しているアミノ酸を  $\alpha$ -アミノ酸という。天然の  $\alpha$ -アミノ酸は、**エ** を除いて **オ** 炭素原子があり、光学異性体が存在する。タンパク質は、生命現象を支える重要な役割を果たしており、皮膚や筋肉などの組織を構成している。また、羊毛や絹の主成分もタンパク質であり、これらは衣料などの繊維材料としても用いられている。

5

**問1** 高分子化合物（および、その単量体）の基本 **教科書**

問1 **ア**：縮合

**イ**：アミノ

**ウ**：カルボキシ

**エ**：グリシン

**オ**：不斉



タンパク質は、多数のアミノ酸が **ア** 重合によって長くつながってできた高分子化合物を基本としている。アミノ酸は、分子内に **イ** 基と **ウ** 基をもつ化合物の総称であり、特に、**イ** 基と **ウ** 基が同じ炭素原子に結合しているアミノ酸を  $\alpha$ -アミノ酸という。天然の  $\alpha$ -アミノ酸は、**エ** を除いて **オ** 炭素原子があり、光学異性体が存在する。タンパク質は、生命現象を支える重要な役割を果たしており、皮膚や筋肉などの組織を構成している。また、羊毛や絹の主成分もタンパク質であり、これらは衣料などの繊維材料としても用いられている。

5

**問1** 高分子化合物（および、その単量体）の基本  $\rightarrow$  **教科書**

問1 **ア**：縮合

**イ**：アミノ

**ウ**：カルボキシ

**エ**：グリシン

**オ**：不斉

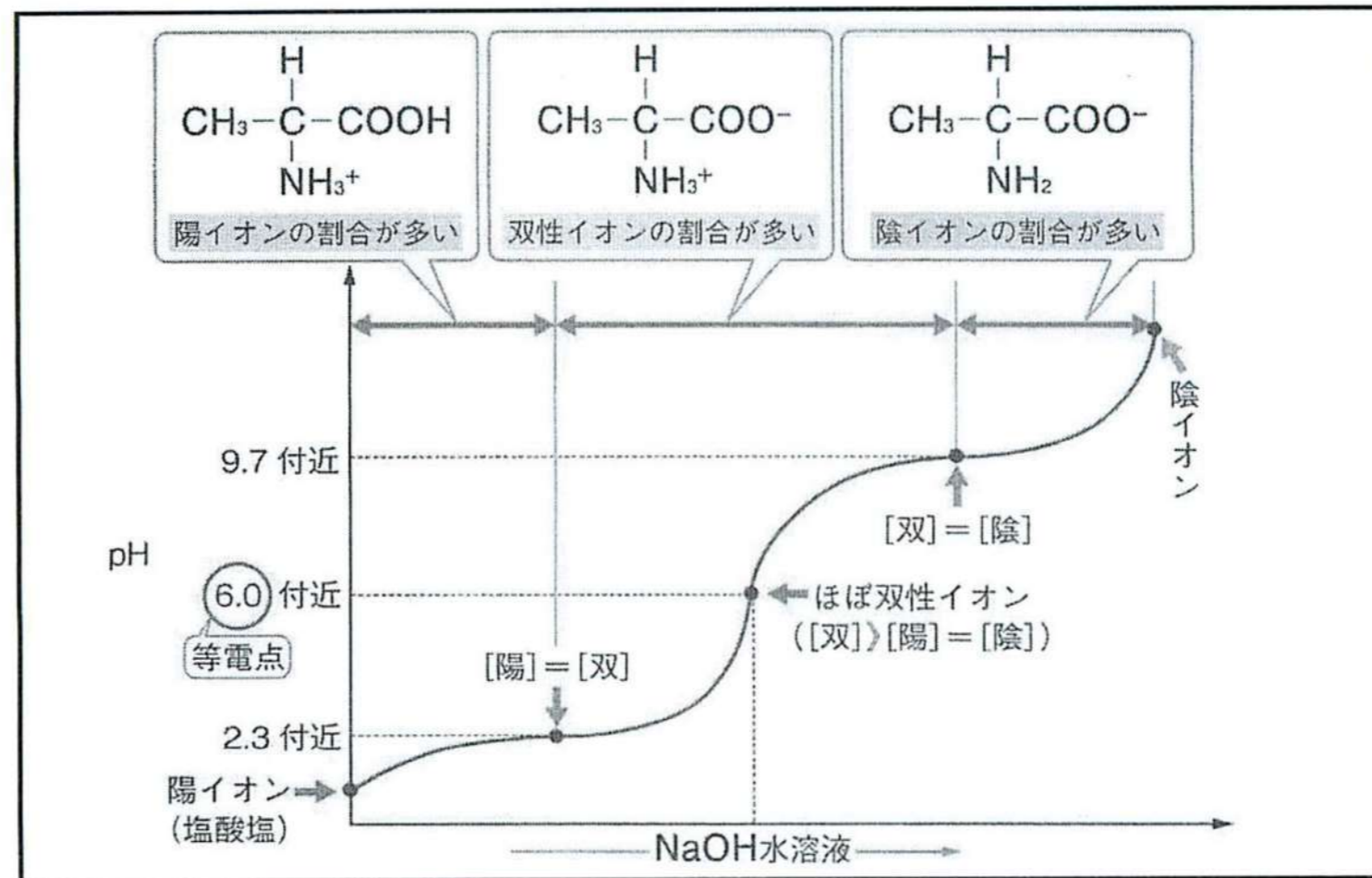
$\alpha$ -アミノ酸のように、2つ以上の官能基をもつ分子を **ア** 重合させることで、様々な高分子化合物を得ることができる。例えば、① ヘキサメチレンジアミンとアジピン酸 から合成される ナイロン 66 は、絹の代替品として開発された高分子化合物である。ナイロン 66 は、絹に似た化学構造を含み、分子間に **カ** 結合が形成されて強い繊維となる。

5

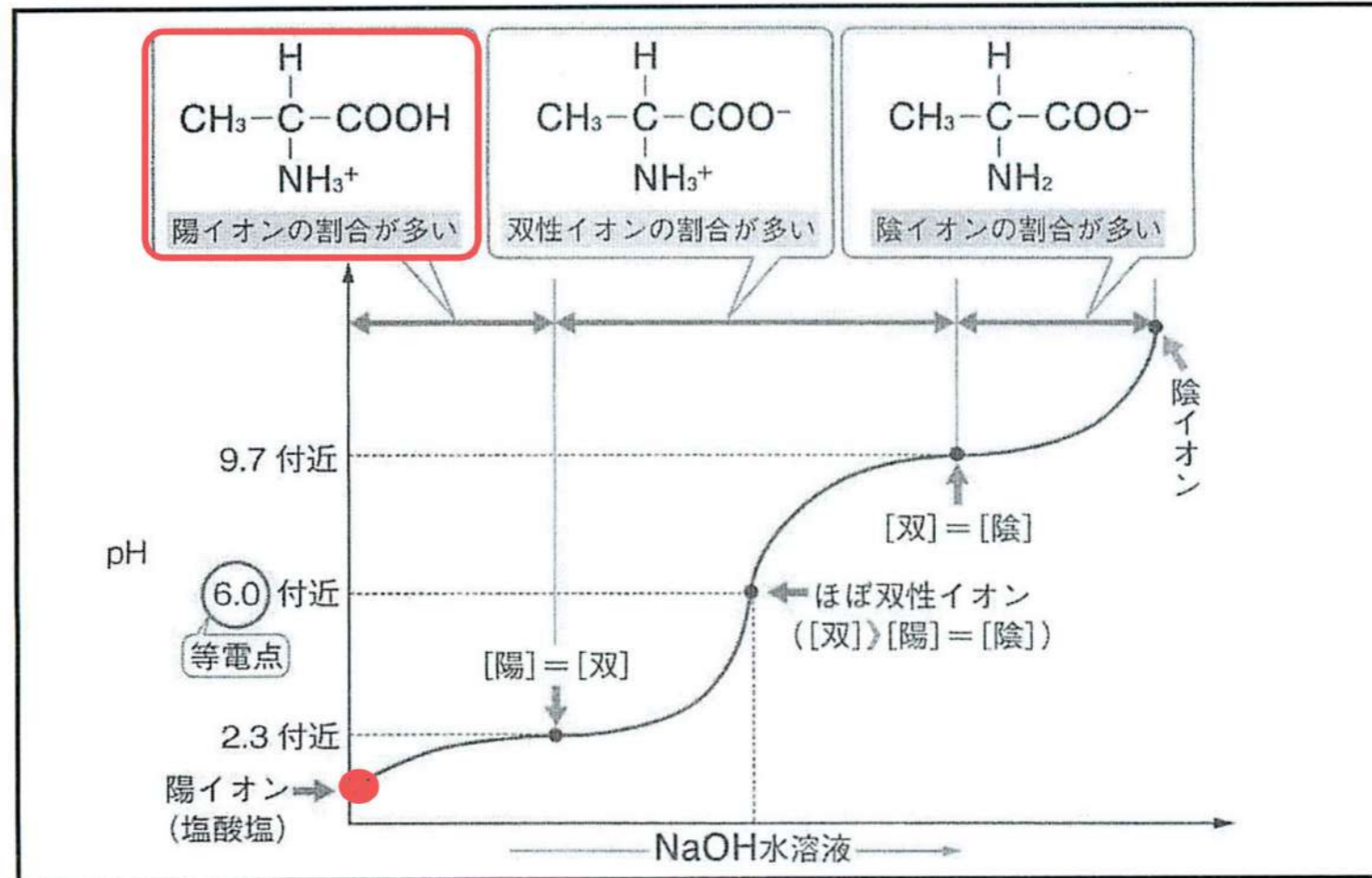
**問1** 高分子化合物（および、その単量体）の基本⇨教科書

問1 **カ：水素**

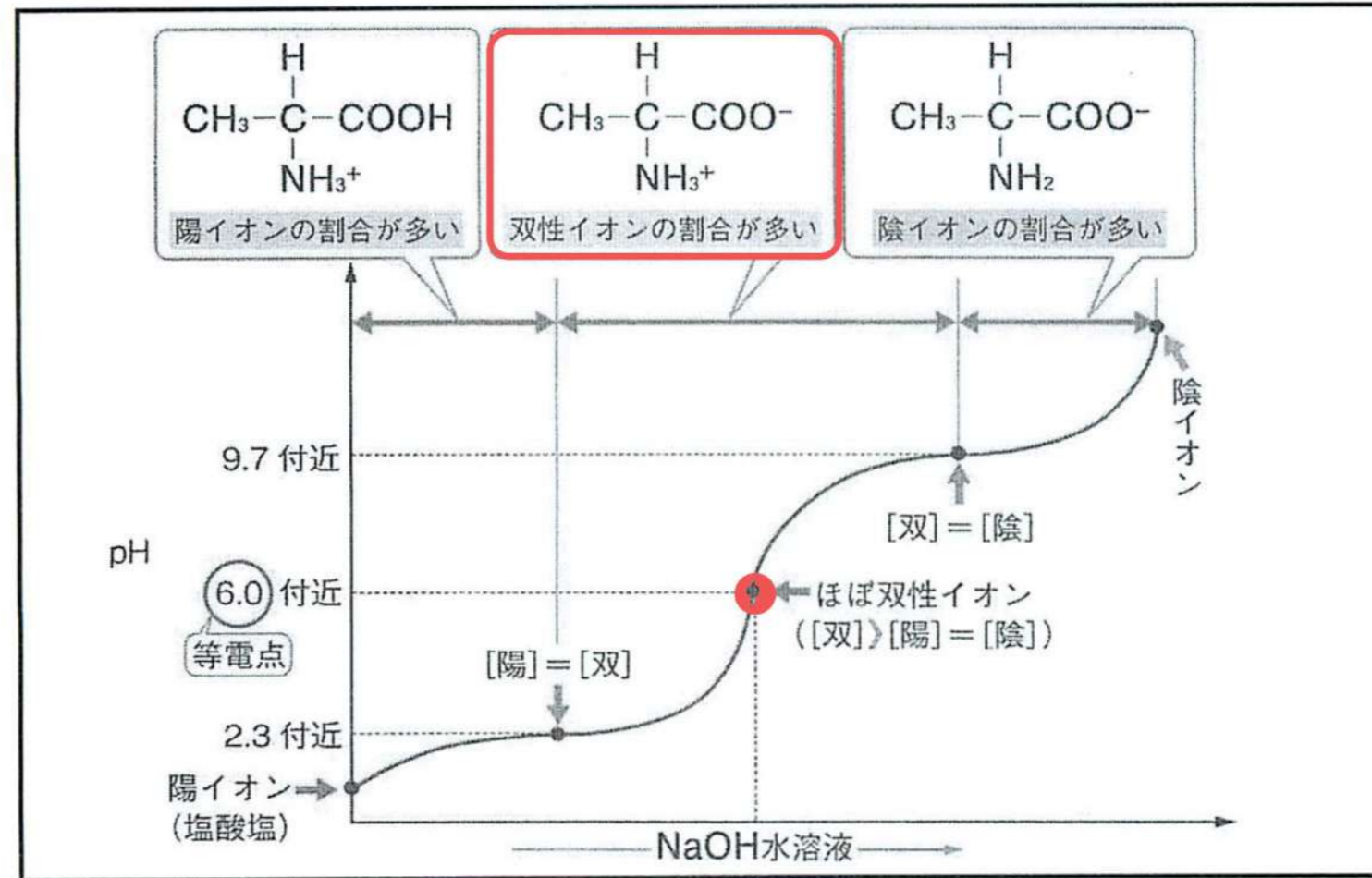
問2  $\alpha$ -アミノ酸の1つであるアラニン(分子式  $C_3H_7NO_2$ )の等電点は6.0である。  
 アラニン水溶液のpHを、(a) 1.0, (b) 6.0, (c) 11.0にしたとき、それぞれの水溶液に最も多く存在するアラニンのイオンを構造式で示せ。



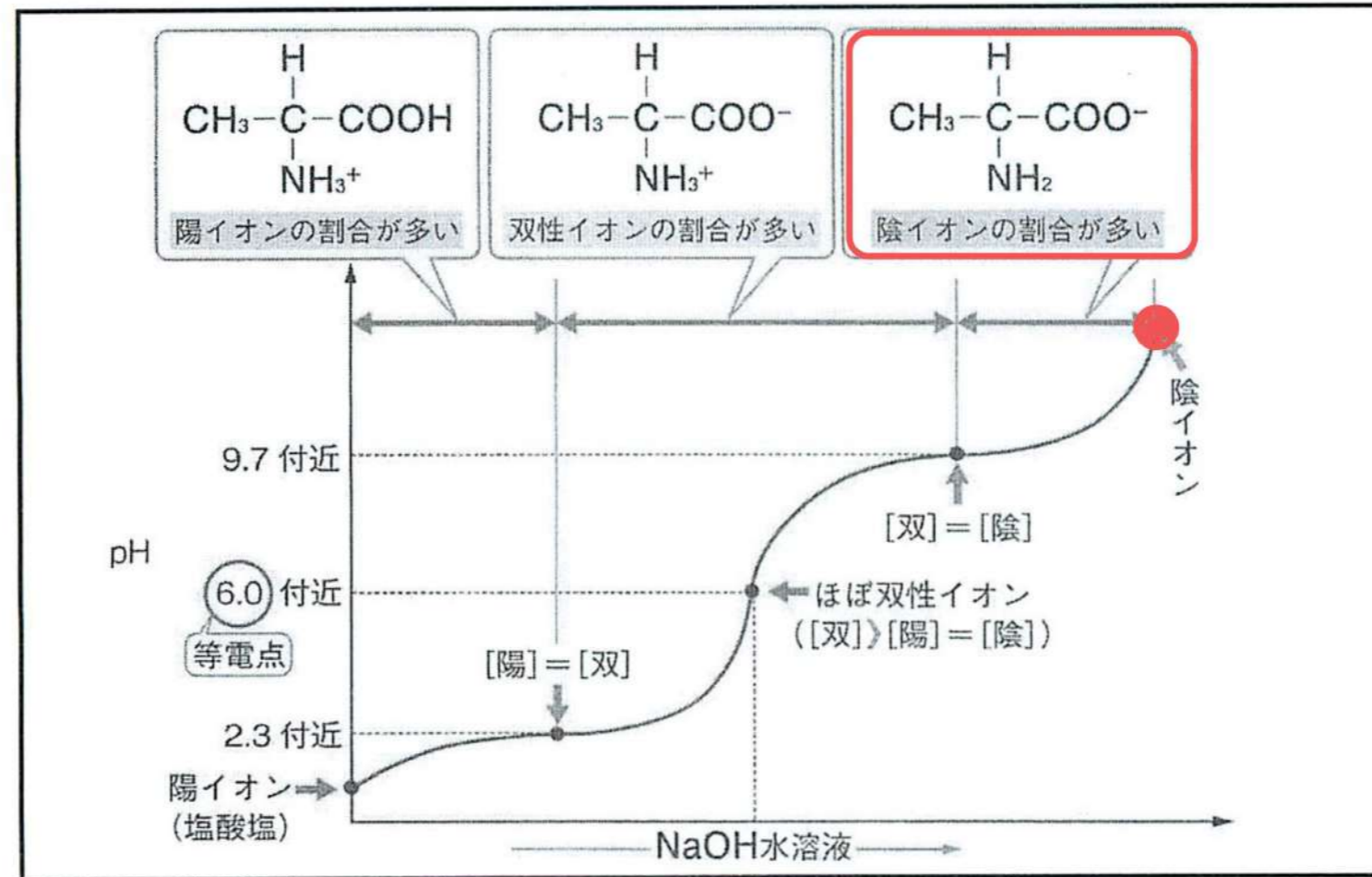
問2  $\alpha$ -アミノ酸の1つであるアラニン(分子式  $C_3H_7NO_2$ )の等電点は6.0である。  
 アラニン水溶液のpHを、(a) 1.0, (b) 6.0, (c) 11.0にしたとき、それぞれの水溶液に最も多く存在するアラニンのイオンを構造式で示せ。



問2  $\alpha$ -アミノ酸の1つであるアラニン(分子式  $C_3H_7NO_2$ )の等電点は6.0である。  
 アラニン水溶液のpHを、(a) 1.0, (b) 6.0, (c) 11.0にしたとき、それぞれの水溶液に最も多く存在するアラニンのイオンを構造式で示せ。



問2  $\alpha$ -アミノ酸の1つであるアラニン(分子式  $C_3H_7NO_2$ )の等電点は 6.0 である。  
 アラニン水溶液の pH を, (a) 1.0, (b) 6.0, (c) 11.0 にしたとき, それぞれの水溶液に最も多く存在するアラニンのイオンを構造式で示せ。

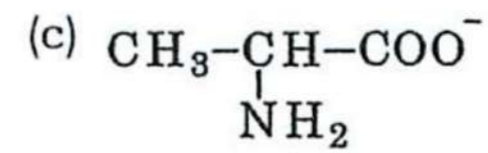
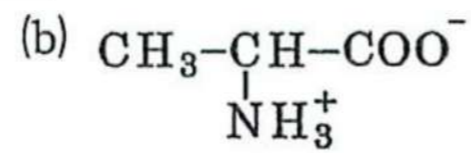
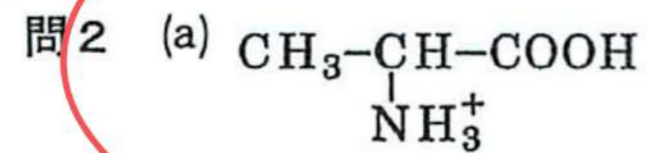


問2 アミノ酸の電離平衡⇔定番

強い酸性側

ほぼ中性付近

強い塩基性側



陽イオン

双性イオン

陰イオン

問3 2分子のアラニンと2分子のフェニルアラニンから構成される鎖状のペプチドには何種類の構造異性体が存在するかを答えよ。ただし、 $\alpha$ -アミノ酸はすべてL型であるとし、イオン化状態の違いは考慮しなくてよい。

<input type="checkbox"/> N末端	<input type="checkbox"/> C末端
同じ種類が連続	<input type="checkbox"/> AAPP <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> PPAA <input type="checkbox"/>
一方のみ同じ種類が連続	<input type="checkbox"/> PAAP <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> APPA <input type="checkbox"/>
同じ種類が1つおき	<input type="checkbox"/> APAP <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> PAPA <input type="checkbox"/>

問3 ペプチドの異性体⇔定番

問3 AAPP PAAP PPAA APPA APAP PAPA の6種類 ( $\frac{4!}{2! \cdot 2!} = 6$ )



問4 タンパク質を部分的に加水分解して、2種類の鎖状のトリペプチド **X** および **Y** を得た。トリペプチド **X** および **Y** は、表1に示している  $\alpha$ -アミノ酸のうち、いずれかが組み合わされて構成されている。**X** と **Y** それぞれの水溶液に、水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱後、酢酸鉛(II)水溶液を加えたところ、いずれの場合も黒色沈殿が生じた。一方、**X** と **Y** それぞれの水溶液に濃硝酸を加えて加熱し、冷却後、アンモニア水を加えて塩基性にしたところ、**X** の水溶液は呈色しておらず、**Y** の水溶液のみ呈色していた。また、0.1 mol の **X** と 0.1 mol の **Y** にそれぞれ水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱したところ、**X** では 0.3 mol、**Y** では 0.4 mol のアンモニアが発生した。以下の問い(i), (ii)に答えよ。

表1  $\alpha$ -アミノ酸

名称	分子式	分子量
フェニルアラニン	$C_9H_{11}NO_2$	165
リシン	$C_6H_{14}N_2O_2$	146
システイン	$C_3H_7NO_2S$	121
アラニン	$C_3H_7NO_2$	89
アスパラギン酸	$C_4H_7NO_4$	133
セリン	$C_3H_7NO_3$	105

- (i) トリペプチド **X** の分子量は 351 であり、完全に加水分解すると 2 種類の  $\alpha$ -アミノ酸が 1 : 2 の物質量の比で生成した。**X** を構成する 2 種類の  $\alpha$ -アミノ酸の名称を答えよ。
- (ii) トリペプチド **Y** の分子量を整数で答えよ。

Yを得た。トリペプチドXおよびYは、表1に示している $\alpha$ -アミノ酸のうち、いずれかが組み合わされて構成されている。XとYそれぞれの水溶液に、水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱後、酢酸鉛(II)水溶液を加えたところ、いずれの場合も黒色沈殿が生じた。一方、XとYそれぞれの水溶液に濃硝酸を加えて加熱し、冷却後、アンモニア水を加えて塩基性にしたところ、Xの水溶液は呈色しておらず、Yの水溶液のみ呈色していた。また、0.1 molのXと0.1 molの

#### 問4 ペプチドの構造決定⇔定番

### トリペプチドXに関する情報の集約

【Xに関する情報】

- ① (i)より、トリペプチド。
- ② (i)より、分子量は351。
- ③ (i)より、2種類のアミノ酸(1:2)からなる。
- ④ 酢酸鉛(II)との反応より、少なくともシステインを含む。
- ⑤ キサントプロテイン反応陰性より、フェニルアラニンを含まない。
- ⑥ アンモニアの発生より、リシンを含まない。

Yを得た。トリペプチドXおよびYは、表1に示している $\alpha$ -アミノ酸のうち、いずれかが組み合わされて構成されている。XとYそれぞれの水溶液に、水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱後、酢酸鉛(II)水溶液を加えたところ、いずれの場合も黒色沈殿が生じた。一方、XとYそれぞれの水溶液に濃硝酸を加えて加熱し、冷却後、アンモニア水を加えて塩基性にしたところ、Xの水溶液は呈色しておらず、Yの水溶液のみ呈色していた。また、0.1 molのXと0.1 molの

#### 問4 ペプチドの構造決定⇔定番

### トリペプチドXに関する情報の集約

#### 【Xに関する情報】

- ① (i)より、トリペプチド。
- ② (i)より、分子量は351。
- ③ (i)より、2種類のアミノ酸(1:2)からなる。
- ④ 酢酸鉛(II)との反応より、少なくともシステインを含む。
- ⑤ キサントプロテイン反応陰性より、フェニルアラニンを含まない。
- ⑥ アンモニアの発生より、リシンを含まない。

Yを得た。トリペプチドXおよびYは、表1に示している $\alpha$ -アミノ酸のうち、いずれかが組み合わされて構成されている。XとYそれぞれの水溶液に、水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱後、酢酸鉛(II)水溶液を加えたところ、いずれの場合も黒色沈殿が生じた。一方、XとYそれぞれの水溶液に濃硝酸を加えて加熱し、冷却後、アンモニア水を加えて塩基性にしたところ、Xの水溶液は呈色しておらず、Yの水溶液のみ呈色していた。また、0.1 molのXと0.1 molの

#### 問4 ペプチドの構造決定⇨定番

### トリペプチドXに関する情報の集約

#### 【Xに関する情報】

- ① (i)より、トリペプチド。
- ② (i)より、分子量は351。
- ③ (i)より、2種類のアミノ酸(1:2)からなる。
- ④ 酢酸鉛(II)との反応より、少なくともシステインを含む。
- ⑤ キサントプロテイン反応陰性より、フェニルアラニンを含まない。
- ⑥ アンモニアの発生より、リシンを含まない。

色しておらず、Yの水溶液のみ呈色していた。また0.1 molのXと0.1 molのYにそれぞれ水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱したところ、Xでは0.3 mol、Yでは0.4 molのアンモニアが発生した。以下の問い(i), (ii)に答えよ。

問4 ペプチドの構造決定⇔定番

## トリペプチドXに関する情報の集約

【Xに関する情報】

- ① (i)より、トリペプチド。
- ② (i)より、分子量は351。
- ③ (i)より、2種類のアミノ酸(1:2)からなる。
- ④ 酢酸鉛(II)との反応より、少なくともシステインを含む。
- ⑤ キサントプロテイン反応陰性より、フェニルアラニンを含まない。
- ⑥ アンモニアの発生より、リシンを含まない。

(i) トリペプチド X の分子量は 351 であり、完全に加水分解すると 2 種類の  $\alpha$ -アミノ酸が 1:2 の物質量の比で生成した。X を構成する 2 種類の  $\alpha$ -アミノ酸の名称を答えよ。

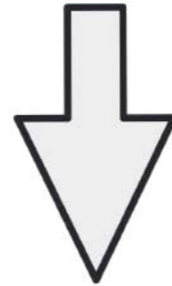
問4 ペプチドの構造決定 ⇨ 定番

## トリペプチド X に関する情報の集約

【Xに関する情報】

- ① (i)より、トリペプチド。
- ② (i)より、分子量は351。
- ③ (i)より、2種類のアミノ酸(1:2)からなる。
- ④ 酢酸鉛(II)との反応より、少なくともシステインを含む。
- ⑤ キサントプロテイン反応陰性より、フェニルアラニンを含まない。
- ⑥ アンモニアの発生より、リシンを含まない。

④ 酢酸鉛(II)との反応より、少なくともシステインを含む。

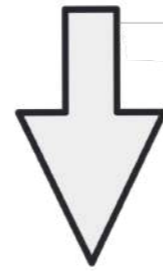


### 含まれているシステインの数の検討 1

検討 I X に 2 分子のシステインが含まれているとすると,  
 $121 \times 2 + M - 18 \times 2 = 351 \quad M = 145$

適するアミノ酸はない。

④ 酢酸鉛(II)との反応より、少なくともシステインを含む。



### 含まれているシステインの数の検討 2

検討Ⅱ Xに1分子のシステインが含まれているとすると、

$$121 + M \times 2 - 18 \times 2 = 351 \quad M = 133$$

アスパラギン酸が該当する。

これで構成アミノ酸がシステインと  
アスパラギン酸と決定した。



Yを得た。トリペプチドXおよびYは、表1に示している $\alpha$ -アミノ酸のうち、いずれかが組み合わされて構成されている。XとYそれぞれの水溶液に、水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱後、酢酸鉛(II)水溶液を加えたところ、いずれの場合も黒色沈殿が生じた。一方、XとYそれぞれの水溶液に濃硝酸を加えて加熱し、冷却後、アンモニア水を加えて塩基性にしたところ、Xの水溶液は呈色しておらず、Yの水溶液のみ呈色していた。また、0.1 molのXと0.1 molのYにそれぞれ水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱したところ、Xでは0.3 mol、Yでは0.4 molのアンモニアが発生した。以下の問い(i), (ii)に答えよ。

## トリペプチドYに関する情報の集約

【Yに関する情報】① 題意より、トリペプチド。

② 酢酸鉛(II)との反応により、システインを含む。

③ キサントプロテイン反応陽性より、フェニルアラニンを含む。

④ アンモニアの発生より、リシンを含む。

Yを得た。トリペプチドXおよびYは、表1に示している $\alpha$ -アミノ酸のうち、いずれかが組み合わされて構成されている。XとYそれぞれの水溶液に、水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱後、酢酸鉛(II)水溶液を加えたところ、いずれの場合も黒色沈殿が生じた。一方、XとYそれぞれの水溶液に濃硝酸を加えて加熱し、冷却後、アンモニア水を加えて塩基性にしたところ、Xの水溶液は呈色しておらず、Yの水溶液のみ呈色していた。また、0.1 molのXと0.1 molのYにそれぞれ水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱したところ、Xでは0.3 mol、Yでは0.4 molのアンモニアが発生した。以下の問い(i), (ii)に答えよ。

## トリペプチドYに関する情報の集約

【Yに関する情報】① 題意より、トリペプチド。

② 酢酸鉛(II)との反応により、システインを含む。

③ キサントプロテイン反応陽性より、フェニルアラニンを含む。

④ アンモニアの発生より、リシンを含む。

Yを得た。トリペプチドXおよびYは、表1に示している $\alpha$ -アミノ酸のうち、いずれかが組み合わされて構成されている。XとYそれぞれの水溶液に、水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱後、酢酸鉛(II)水溶液を加えたところ、いずれの場合も黒色沈殿が生じた。一方、XとYそれぞれの水溶液に濃硝酸を加えて加熱し、冷却後、アンモニア水を加えて塩基性にしたところ、Xの水溶液は呈色しておらず、Yの水溶液のみ呈色していた。また、0.1 molのXと0.1 molのYにそれぞれ水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱したところ、Xでは0.3 mol、Yでは0.4 molのアンモニアが発生した。以下の問い(i), (ii)に答えよ。

## トリペプチドYに関する情報の集約

【Yに関する情報】① 題意より、トリペプチド。

② 酢酸鉛(II)との反応により、システインを含む。

③ キサントプロテイン反応陽性より、フェニルアラニンを含む。

④ アンモニアの発生より、リシンを含む。

Yを得た。トリペプチドXおよびYは、表1に示している $\alpha$ -アミノ酸のうち、いずれかが組み合わされて構成されている。XとYそれぞれの水溶液に、水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱後、酢酸鉛(II)水溶液を加えたところ、いずれの場合も黒色沈殿が生じた。一方、XとYそれぞれの水溶液に濃硝酸を加えて加熱し、冷却後、アンモニア水を加えて塩基性にしたところ、Xの水溶液は呈色しておらず、Yの水溶液のみ呈色していた。また、0.1 molのXと0.1 molのYにそれぞれ水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱したところ、Xでは0.3 mol、Yでは0.4 molのアンモニアが発生した。以下の問い(i), (ii)に答えよ。

## トリペプチドYに関する情報の集約

【Yに関する情報】① 題意より、トリペプチド。

② 酢酸鉛(II)との反応により、システインを含む。

③ キサントプロテイン反応陽性より、フェニルアラニンを含む。

④ アンモニアの発生より、リシンを含む。

- 【Yに関する情報】
- ① 題意より、トリペプチド。
  - ② 酢酸鉛(II)との反応により、システインを含む。
  - ③ キサントプロテイン反応陽性より、フェニルアラニンを含む。
  - ④ アンモニアの発生より、リシンを含む。

検討 以上より、Yの分子量は、 $121 + 165 + 146 - 18 \times 2 = 396$

問5 分子量 24200 の直鎖状のナイロン 66 には, 1 分子中に何個のアミド結合が含まれているか。整数で答えよ。ただし, ナイロン 66 の分子の末端の官能基は, 互いに異なっているものと考えよ。

問5 合成高分子化合物の計算 ⇨ 定番

### 重合度の検討

重合度を  $n$  とすると, ナイロン 66 の分子量は  $226n$  なので,  
 $226n = 24200$        $n = \frac{24200}{226}$

### アミド結合の数の検討

繰り返し単位 1 つあたり 2 個のアミド結合が含まれるので, 求める個数は,  
 $2n - 1 = 2 \times \frac{24200}{226} - 1 = 213.1$

要注意

問5 分子量 24200 の直鎖状のナイロン 66 には、1 分子中に何個のアミド結合が含まれているか。整数で答えよ。ただし、ナイロン 66 の分子の末端の官能基は、互いに異なっているものと考えよ。

問5 合成高分子化合物の計算⇨定番

## 重合度の検討

重合度を  $n$  とすると、ナイロン 66 の分子量は  $226n$  なので、  
 $226n = 24200$        $n = \frac{24200}{226}$

## アミド結合の数の検討

繰り返し単位 1 つあたり 2 個のアミド結合が含まれるので、求める個数は、  
 $2n - 1 = 2 \times \frac{24200}{226} - 1 = 213.1$

要注意

お疲れ様でした。

