

目次

評価問題と新学習指導要領との関連について	1
評価規準	2
評価問題（セスキ 実験編）	4
解答用紙	9
解答・解説	10
評価問題（改訂版）	14
解答用紙	21
解答・解説	22
補足問題（セスキの前段階）	28
解説・評価規準	30

令和（ 2 ）年度評価問題（化学基礎）と新学習指導要領との関連について

1. 化学基礎の目標（「高等学校学習指導要領解説 理科編 理数編」より一部抜粋）

物質とその変化に関わり、理科の見方・考え方を働かせ、見通しをもって観察、実験を行うことなどを通して、物質とその変化を科学的に探究するために必要な資質・能力を次のとおり育成することを旨とする。

- (1) 日常生活や社会との関連を図りながら、物質とその変化について理解するとともに、科学的に探究するために必要な観察、実験などに関する基本的な技能を身に付けるようにする。
- (2) 観察、実験などを行い、科学的に探究する力を養う。
- (3) 物質とその変化に主体的に関わり、科学的に探究しようとする態度を養う。

目標（1）は、育成を目指す資質・能力のうち、「知識及び技能」を示したものである。

目標（2）は、育成を目指す資質・能力のうち、「思考力、判断力、表現力等」を示したものである。

目標（3）は、育成を目指す資質・能力のうち、「学びに向かう力、人間性等」を示したものである。

「見通しをもって観察、実験を行うことなどを通して、物質とその変化を科学的に探究するために必要な資質・能力を次のとおり育成することを旨とする」とあるのは、探究の過程を通して、物質とその変化を科学的に探究するために必要な資質・能力を育成する必要があることを示している。このうち、「見通しをもって観察、実験を行うこと」とは、観察、実験などを行う際、何のために行うか、どのような結果になるかを考えさせるなど、予想したり仮説を立てたりしてそれを検証するための観察、実験を行わせることを意味する。さらに、広く理科の学習全般においても、生徒が見通しをもって学習を進め、学習の結果、何が獲得され、何が分かるようになったかをはっきりさせ、一連の学習を自分のものになるようにすることが重要である。このようなことから、「見通しをもって」ということを強調している。従前の「目的意識をもって」に比べ、幅広く様々な場面で活用することをより明確にした表現となっている。

2. 作問分野について（「高等学校学習指導要領解説 理科編 理数編」より一部抜粋）

(2) 物質の構成

(ア) 物質の構成粒子

- | | |
|------------|-----------|
| ㊦ 原子の構造 | … 大問【2】のⅠ |
| ㊧ 電子配置と周期表 | |

(3) 物質の変化とその利用

(ア) 物質量と化学反応式

- | | |
|---------|-----------------|
| ㊦ 物質量 | … 大問【2】のⅡ |
| ㊧ 化学反応式 | … 大問【1】，大問【2】のⅡ |

(イ) 化学反応

- | | |
|-----------|------------------|
| ㊦ 酸・塩基と中和 | … 大問【3】，セスキ（実験編） |
| ㊧ 酸化と還元 | |

3. 作問の方針

- ① 題材を変えて「共通テストレベル」と「二次試験レベル」の設問を設定し、各学校の実態や学習の進度に応じた知識・技能、思考力・判断力・表現力を評価できる内容であること、さらに授業展開に応じて各学校で柔軟に変更できる設問構成にすること、の二点を心掛けた。
- ② 「共通テストレベル」では、基礎実験、探究実験、考察の設問設定を行い、生徒が「見通しをもって」実験に取り組むために必要な資質・能力、具体的には実験の目的、仮説、実験方法を理解する力や得られた結果を的確に分析・考察・表現する力などが評価できる設問を検討した。
- ③ 「二次試験レベル」では、以下のように設問を検討した。
 - 【1】の基礎編では、対話形式の問題を取り入れ、生徒が「見通しをもって」実験に取り組み、実験結果と文献で調べたことを突き合わせるといった探究活動の場面設定を行った。
 - 【2】の応用編では、設問を読み込むことで問題解決を行う力、すなわち思考力を中心に評価する設問設定を行った。題材として物理及び生物の内容を取り上げ、科目横断的な問題を作成し、「科学的に探究する力を養う」に資する問題作成を心掛けた。
 - 【3】の発展編では、実際に出題された入試問題を再検討し、視点を少し変えることによってこれまで普通に使っていた問題を思考力・判断力・表現力を問える問題になるよう、前年度の評価問題の題材であるセスキ炭酸ナトリウムを使用させて頂き、設問設定を行った。
- ④ 従来ドリル型の演習は、基礎的知識の定着には不可欠であることが前提であり、本問題の作成方針がそのことを否定するものであってはならない。従って、基礎的内容を問う設問も含めて、それらの演習を組み合わせた活用方法を視野に入れた問題作成を心掛けた。

【4の①】化学基礎大問 逐次滴定 実験編の評価規準 共通テストレベル】

中問番号	小問記号	主に問いたい資質・能力				出題意図
		知識・技能	思考力	判断力	表現力	
I	問ア	○				適切な指示薬を選ぶことができる。
	問イ		○	○	○	与えられた条件に従って計算式を立て、セスキ炭酸ナトリウムの組成を求めることができる。
	問ウ	○	○			問イの値を用いて、セスキ炭酸ナトリウムのモル濃度を求めることができる。
II	問エ		○	○	○	与えられた化学反応式を用いて、過不足のある計算を行い、加えた二酸化炭素の物質量を求めることができる。
	問オ	○	○			問エの値を用いて、炭酸ナトリウムと炭酸水素ナトリウムの物質量を求めることができる。
	問カ	○				与えられた化学反応式を用いて、量的計算ができる。
	問キ	○				問エの値を用いて、セスキ炭酸ナトリウムの組成式を書くことができる。
III	問ク	○				問エで用いた計算方法により、それぞれの量の量の文字式を導くことができる。
	問ケ	○				
	問コ	○	○			
	問サ	○	○			与えられた化学反応式を用いて、滴定体積に関する文字式を導くことができる。
	問シ	○	○			
	問ス		○	○	○	問シの式から、第二反応の滴定量が増える二酸化炭素の量に依存しないことを理解できるとともに、その理由を適切に説明（記述）することができる。

【4の② 化学基礎 大問3題の評価規準 二次試験レベル】

大問 番号	中間 番号	小問 記号	主に問いたい資質・能力				出題意図
			知識・技能	思考力	判断力	表現力	
【1】 基礎編		問ア	○				酸化数を求めることができる。
		問イ	○				会話文からアセチレンの捕集法を決定することができる。
		問ウ	○	○			問ウの但し書きに注意して、化学反応式を立てることができる。
		問エ		○	○	○	水上置換法で捕集する体積を変える方法を、思考・判断し、表現することができる。
		問オ	○				化学反応式（完全燃焼）を立てることができる。
		問カ	○	○	○		問オの化学反応式を用いて量的計算を行い、アセチレンの体積比を求めることができる。
		問キ		○	○		問カ及び問題文から思考し、判断することができる。
		問ク		○	○		
		問ケ	○				アセチレンの炭素含有率を、原子量を用いて計算することができる。
		問コ	○	○	○		問オの化学反応式を用いて量的計算を行い、アセチレンの物質量を求めることができる。
【2】 応用編	I	問ア	○				質量数を求めることができる。
		問イ	○				β 崩壊の仕組みを問題文から読み取ることができる。
		問ウ	○	○			放射性同位体の質量数と原子番号の変化量から連立方程式を立て、 α 崩壊と β 崩壊の回数を求めることができる。
		問エ	○	○	○		表1と同位体比から、 ^{13}C - 二酸化炭素の体積比を求めることができる。
		問オ	○	○			化学反応式を立てることができる。
		問カ	○	○			①は、尿素と水が1:1で反応することを推測することができる。
		問キ	○	○			安定同位体の存在比を、炭素原子の数が変わらないこともしくは問オ①の化学反応式から量的計算を行うことができる。
		問ク	○	○	○	○	滴定曲線を考え、滴定体積を思考・判断・表現することができる。
		問ケ	○	○	○		問題の順番に従って思考・判断を重ね、適切な数式を選択して表現する問題である。
		問コ	○	○			セスキ炭酸ナトリウムと塩酸との化学反応式（2段階）を立てることができる。
【3】 発展編	II	問ウ	○				2つの反応式を用いて量的計算を行い、滴定体積の文字式を導くことができる。
		問エ	○				化学反応式（沈殿反応）を立てることができる。
		問オ	○	○			メチルオレンジを指示薬として選ぶと、酸性が強くなって炭酸バリウムの沈殿が溶け、滴定値に影響することを推測することができる。
		問カ	○	○	○	○	問イの化学反応式を用いて量的計算を行い、炭酸ナトリウムの質量を求めることができる。
		問キ	○	○	○		塩酸と水酸化ナトリウムの中和反応を用いて量的計算を行い、水酸化ナトリウムの質量を求めることができる。
			○				さらに問カの結果を参照し、最終的に水酸化ナトリウムの純度を求めることができる。

令和（ 2 ）年度 化学基礎 評価問題（セスキ）

学年()クラス() ()番 氏名()

【 化学基礎大問 逐次滴定 実験編 】

元 素	H	C	O	Na
原子量	1.0	12.0	16.0	23.0

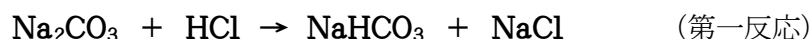
※ 次のⅠ～Ⅲについて、大気中の二酸化炭素の影響は無視してよいものとする。

Ⅰ.（基礎実験）次の文をよく読み、[問ア～ウ]に答えよ。

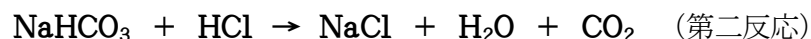
卓人くんは、炭酸ナトリウムを工業的に製造するための原料となるトロナ鉱石に興味をもち、その組成を調べたところ、主に「セスキ炭酸ナトリウム」からできていることが分かった。セスキ炭酸ナトリウムは、炭酸ナトリウム、炭酸水素ナトリウム、水和物からできており、卓人くんはその組成比を調べるために、以下の実験を行った。

セスキ炭酸ナトリウムの組成： $a\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot b\text{NaHCO}_3 \cdot c\text{H}_2\text{O}$ ※ a, b, c は組成比

セスキ炭酸ナトリウム 2.26 g を 25 °C の水に溶かし、容量を 100 mL とした。この水溶液 10.0 mL に（ア）を指示薬として加え、0.100 mol/L の塩酸で滴定した。このときの反応は、以下の式で表される。

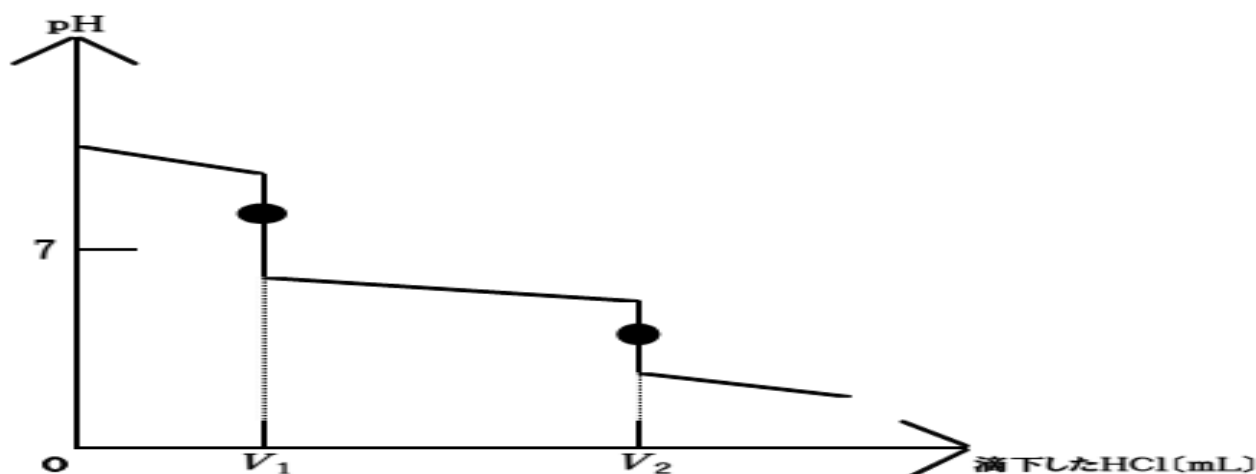


次にメチルオレンジを指示薬として加え、滴定を続けた。このときの反応は、以下の式で表される。



第一反応及び第二反応で指示薬が変色するまでに加えた塩酸の体積を、それぞれ V_1 , V_2 [mL] とする。実験結果は、以下のようになった。このときの滴定曲線を、模式的に下図に示す。●はそれぞれの反応の終点を示す。

滴定回数 滴定 体積 [mL]	1回目	2回目	3回目	4回目
V_1 [第一反応]	10.10	9.80	10.20	9.90
V_2 [第二反応]	30.10	29.80	30.20	29.90

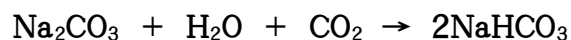


[問]

- ア. 適切な指示薬の名称を記せ。
- イ. セスキ炭酸ナトリウムの組成比 $a : b : c$ を求めよ。
- ウ. 用いたセスキ炭酸ナトリウム水溶液のモル濃度 $[\text{mol/L}]$ を, 有効数字 2 桁 で求めよ。

Ⅱ. (探究実験) 次の文をよく読み, [問エ~カ] に答えよ。

卓人くんは, I と同濃度のセスキ炭酸ナトリウム水溶液 10.0 mL に二酸化炭素を吹き込んだ。すると, 指示薬の色が少し変化した。これは, 炭酸ナトリウムと二酸化炭素が以下の式のように反応したためである。



この水溶液①を, I と同様に 0.100 mol/L の塩酸で滴定したところ, 実験結果は, 以下のようになった。

滴定回数 滴定 体積 [mL]	1 回目	2 回目	3 回目	4 回目
V_1 [第一反応]	4.80	5.20	4.90	5.10
V_2 [第二反応]	29.80	30.20	29.90	30.10

[問]

エ. 加えた二酸化炭素の物質質量 [mol] を, 有効数字 2 桁 で求めよ。

オ. 水溶液①中の炭酸ナトリウムと炭酸水素ナトリウムの物質質量比を, 最も簡単な整数比で示せ。

カ. 0.300 mol/L のセスキ炭酸ナトリウム水溶液 200 mL に含まれる炭酸ナトリウムを全て炭酸水素ナトリウムに変えるために必要な二酸化炭素の体積 [L] を, 有効数字 3 桁 で求めよ。
気体の体積は標準状態 (0 °C, 1.01×10^5 Pa) での値とする。

Ⅲ. (考察) I, IIの滴定結果から第二反応の V_2 [mL] の値には、ほとんど変化が見られない。このことについて、卓人くんは以下のように考察した。次の文をよく読み、[キ] ~ [シ] に適切な文字式を入れ、[ス] は適切な語句を選べ。

セスキ炭酸ナトリウムの組成式は、Iの問イより [キ] で表される。 B [mol/L] のセスキ炭酸ナトリウム水溶液 a [mL] に二酸化炭素 x [mol] を加えた。反応後の水溶液中の炭酸ナトリウムは [ク] mol, 炭酸水素ナトリウムは [ケ] mol になる。ただし、加える二酸化炭素の物質量は、炭酸ナトリウムのそれより小さいものとする。

この水溶液を、 C [mol/L] の塩酸で滴定したとき、 $V_1 = [コ]$ mL, $V_2 - V_1 = [サ]$ mL となる。

従って、 $V_2 = [シ]$ mL で表され、第二反応の滴定量 V_2 は、加える二酸化炭素の量に依存[ス する ・ しない]ことが示される。

令和（ 2 ）年度 化学基礎 評価問題(実験編) 解答用紙 令和 年 月 日 曜日 時限				素 点	点
学年() クラス() () 番 氏 名()					
★漢字で書くべき語句は、必ず漢字で書くこと。問題の指示に従っていない場合や漢字ミス、化学式ミスは0点					
I.	ア	イ	ウ		
		$a : b : c = () : () : ()$			mol/L
II.	エ	オ	カ		
	mol	炭酸ナトリウム:炭酸水素ナトリウム=(): ()			L
III.	キ	ク	ケ		
	コ	サ	シ		
	ス				
★ 必要な単位をつけているか、漢字ミス、化学式ミスはないか、必ず見直しをすること。					
★ テスト終了後、答案を回収する前に、消しゴムの消しくずは取り除いておくこと。					

令和(2)年度 化学基礎 評価問題(実験編) 解答用紙 令和 年 月 日 曜日 時限				素 点	点
学年() クラス() () 番 氏 名()					
★漢字で書くべき語句は、必ず漢字で書くこと。問題の指示に従っていない場合や漢字ミス、化学式ミスは0点					
I. 5点	ア フェノールフタレイン	イ $a : b : c = (1) : (1) : (2)$	ウ 1.0×10^{-1} mol/L		
II. 6点	エ 5.0×10^{-4} mol	オ 炭酸ナトリウム:炭酸水素ナトリウム=(1):(4)	カ 1.34 L		
III. 14点	キ $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	ク $\frac{Ba}{1000} - x$	ケ $\frac{Ba}{1000} + 2x$		
	コ $\frac{Ba - 1000x}{C}$	サ $\frac{2Ba + 1000x}{C}$	シ $\frac{3Ba}{C}$		
	ス しない				
★ 必要な単位をつけているか、漢字ミス、化学式ミスはないか、必ず見直しをすること。					
★ テスト終了後、答案を回収する前に、消しゴムの消しくずは取り除いておくこと。					

令和 (2) 年度 化学基礎 評価問題解説 (セスキ)

【 逐次滴定 実験編 】

I.

ア. フェノールフタレイン … 変色域が塩基性側にある。

イ. V_1 及び V_2 の平均値は、それぞれ $V_1 = 10.00 \text{ mL}$, $V_2 = 30.00 \text{ mL}$ である。セスキ炭酸ナトリウムの式量を M とおく。セスキ炭酸ナトリウム ($a\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot b\text{NaHCO}_3 \cdot c\text{H}_2\text{O}$) 溶液に含まれる Na_2CO_3 及び NaHCO_3 の物質量を求めると、以下ようになる。

$$\text{Na}_2\text{CO}_3 \text{ の物質量} = \frac{2.26}{M} \times \frac{1000}{100} \times \frac{10.0}{1000} \times a = \frac{0.226a}{M} (\text{mol})$$

$$\text{NaHCO}_3 \text{ の物質量} = \frac{2.26}{M} \times \frac{1000}{100} \times \frac{10.0}{1000} \times b = \frac{0.226b}{M} (\text{mol})$$

第一反応(第1中和点)



$$\frac{0.226a}{M} (\text{mol}) \quad \frac{0.100 \times 10.00}{1000} \text{ mol} \quad \frac{1.00}{1000} \text{ mol の NaHCO}_3 \text{ が新たに生じることに注意!!}$$

$$\text{反応式より } \frac{0.226a}{M} = \frac{0.100 \times 10.00}{1000} \quad \therefore a = \frac{M}{226} \dots \textcircled{1}$$

第二反応(第2中和点)



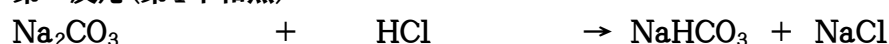
$$\frac{0.226b}{M} + \frac{1.00}{1000} (\text{mol}) \quad \frac{0.100 \times (30.00 - 10.00)}{1000} \text{ mol}$$

$$\text{反応式より } \frac{0.226b}{M} + \frac{1.00}{1000} = \frac{0.100 \times (30.00 - 10.00)}{1000} \quad \therefore b = \frac{M}{226} \dots \textcircled{2}$$

$$\textcircled{1} \cdot \textcircled{2} \text{より } a : b = 1 : 1 \dots \textcircled{3}$$

セスキ炭酸ナトリウムのモル濃度を C (mol/L) とする。

第一反応(第1中和点)



$$\frac{C \times 10.0}{1000} \times a (\text{mol}) \quad \frac{0.100 \times 10.00}{1000} \text{ mol}$$

$$\text{反応式より } \frac{C \times 10.0}{1000} \times a = \frac{0.100 \times 10.00}{1000} \quad \therefore C = \frac{0.100}{a} (\text{mol/L}) \dots \textcircled{4}$$

ここでセスキ炭酸ナトリウムの式量 M を求めると、 $M = 106a + 84a + 18c = 190a + 18c$

$$\text{モル濃度 } C = \frac{2.26}{\frac{190a + 18c}{0.100}} = \frac{22.6}{190a + 18c} \dots \textcircled{5}$$

$$\textcircled{4} = \textcircled{5} \text{であるから } \frac{0.100}{a} = \frac{22.6}{190a + 18c}$$

$$\therefore c = 2a \dots \textcircled{6}$$

$$\textcircled{3}, \textcircled{6} \text{より } a : b : c = 1 : 1 : 2$$

$$\text{ウ. イの}\textcircled{4}\text{に } a = 1 \text{ を代入すると, } C = \frac{0.100}{1} = 0.10 \text{ mol/L}$$

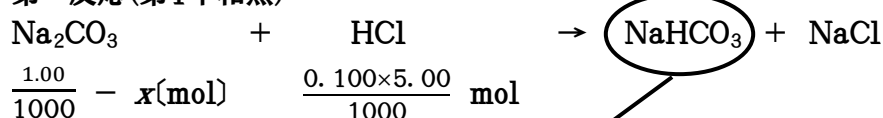
II.

エ. V_1 及び V_2 の平均値は、それぞれ $V_1 = 5.00 \text{ mL}$, $V_2 = 30.00 \text{ mL}$ である。

$x(\text{mol})$ の二酸化炭素を加えたとして、セスキ炭酸ナトリウムの組成式は $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ であるから、反応前後の物質量は、以下ようになる。

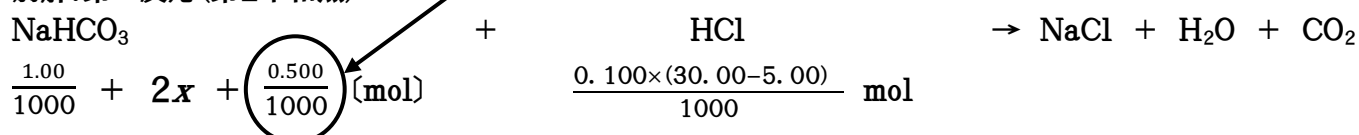
	Na_2CO_3	+	H_2O	+	CO_2	\rightarrow	2NaHCO_3
反応前	$\frac{0.100 \times 10.0}{1000} \text{ mol}$				$x(\text{mol})$		$\frac{0.100 \times 10.0}{1000} \text{ mol}$
反応量	$x(\text{mol})$				$x(\text{mol})$		$2x(\text{mol})$
反応後	$\frac{1.00}{1000} - x(\text{mol})$				0		$\frac{1.00}{1000} + 2x(\text{mol})$

第一反応(第1中和点)



$$\text{反応式より} \quad \frac{1.00}{1000} - x = \frac{0.100 \times 5.00}{1000} \quad \therefore x = 5.0 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

別解: 第二反応(第2中和点)



$$\text{反応式より} \quad \frac{1.00}{1000} + 2x + \frac{0.500}{1000} = \frac{0.100 \times (30.00 - 5.00)}{1000} \quad \therefore x = 5.0 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

オ. エの反応後の式に x の値を代入して求める。

$$\text{Na}_2\text{CO}_3 : \text{NaHCO}_3 = \frac{1.00}{1000} - \frac{0.500}{1000} : \frac{1.00}{1000} + \frac{1.00}{1000} = 1 : 4$$

カ. 必要な二酸化炭素の体積(標準状態)を $V(\text{L})$ とする。

$$\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightarrow 2\text{NaHCO}_3$$

$$\frac{0.300 \times 200}{1000} \text{ mol} \quad \therefore V = \frac{0.300 \times 200}{1000} \times 22.4 = 1.344 \text{ L} \approx 1.34 \text{ L}$$

Ⅲ.

キ. $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

クとケ

$x(\text{mol})$ の二酸化炭素を加えたとして、セスキ炭酸ナトリウムの組成式は $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ であるから、反応前後の物質量は、以下ようになる。

	Na_2CO_3	+	H_2O	+	CO_2	\rightarrow	2NaHCO_3
反応前	$\frac{Ba}{1000}(\text{mol})$				$x(\text{mol})$		$\frac{Ba}{1000}(\text{mol})$
反応量	$x(\text{mol})$				$x(\text{mol})$		$2x(\text{mol})$
反応後	ク $\frac{Ba}{1000} - x(\text{mol})$				0		ケ $\frac{Ba}{1000} + 2x(\text{mol})$

コとサ

第一反応(第1中和点)



$$\frac{Ba}{1000} - x(\text{mol}) \quad \frac{CV_1}{1000}(\text{mol}) \quad \frac{Ba}{1000} - x(\text{mol}) \text{ の } \text{NaHCO}_3 \text{ が新たに生じる!!}$$

$$\frac{Ba}{1000} - x = \frac{CV_1}{1000} \quad \therefore V_1 = \frac{Ba - 1000x}{C}(\text{mL}) \quad \dots \text{コ}$$

第二反応(第2中和点)



$$\frac{Ba}{1000} + 2x + \frac{Ba}{1000} - x(\text{mol}) \quad \frac{C(V_2 - V_1)}{1000}(\text{mol})$$

$$\frac{Ba}{1000} + 2x + \frac{Ba}{1000} - x = \frac{C(V_2 - V_1)}{1000}$$

$$\therefore V_2 - V_1 = \frac{2Ba + 1000x}{C}(\text{mL}) \quad \dots \text{サ}$$

シ. コをサに代入して求める。

$$V_2 = \frac{2Ba + 1000x}{C} + \frac{Ba - 1000x}{C} = \frac{3Ba}{C}(\text{mL})$$

ス. V_2 の式は、加える二酸化炭素 x を含んでいない。よって、第二反応の滴定量 V_2 は、加える二酸化炭素の量に依存(しない)ことが示される。すなわち、セスキ炭酸ナトリウムと二酸化炭素が反応しても、第2中和点の値 V_2 は変化しない。それに対し、第1中和点の値 V_1 は(コ)式より二酸化炭素による影響を受けることになる。

[補足] 仮定「※ 次のⅠ～Ⅲについて、大気中の二酸化炭素の影響は無視してよいものとする。」について

Ⅰの実験を令和2年1月と2月の2回ほど行ったが、滴定量に有意な差は見られなかった。この間、セスキ炭酸ナトリウムの結晶は封をして放置した。さらに、セスキ炭酸ナトリウム水溶液に直接二酸化炭素を吹き込むことによって、初めて滴定体積 V_1 に変化が見られた。

以上のことより、大気中の二酸化炭素の影響は無視してよいと考えられる。東京大学2020の問題にも明記されているが、この仮定は正しいと考えられる。

令和（ 2 ）年度 化学基礎 評価問題（改訂版）

学年()クラス() ()番 氏名()

【 化学基礎大問 アセチレン 基礎編 】

- 【 1 】理香さんは可燃性の気体であるアセチレンに興味を持ち、アセチレンの発生・捕集・燃焼の実験を、未来さんと協力して行った。次の文は、実験中の2人の会話である。よく読んで、[問ア～コ]に答えよ。

理香：アセチレン C_2H_2 は可燃性の気体であり、アセチレン中の炭素原子の酸化数は [ア] だね。

未来：ああ、そうだね。水に溶けにくいアセチレンを捕集するには、[イ] 法を使えばいいわね。アセチレンを発生させるには、水に炭化カルシウム（カーバイド） CaC_2 を加えればいい。そのとき、水にフェノールフタレイン溶液を入れておくと、溶液の色が赤くなるわ。発生反応は、[ウ] で表される。

理香：なるほど。それで、試験管一杯にアセチレンを捕集することはできるね。ところで、捕集するアセチレンの体積を変えたいときはどうすればいい？ 例えば、体積比で 50 % のアセチレンを試験管に捕集したいときはどうするの？

未来：う～ん。[エ] のように工夫して捕集してみようか。

理香：なるほど。その方法だと、自由にアセチレンの体積比を変えられるね。

未来：それでは、100 % , 50 % , 10 % とアセチレンの体積比を変えて捕集しよう。それぞれの試験管で空気の量が変わるから、燃焼の様子も変わるだろうな。さっそく捕集して、着火してみよう。

アセチレンを発生させ、3本の試験管にそれぞれ捕集した。捕集した後、試験管をよく振った。

理香：アセチレンは爆発しやすい気体なので、充分注意して燃焼実験をしようね。

未来：そうだね。様々な気体の空気中の爆発範囲を、文献で調べてみるわ。う～ん。水素は、4.0 ～ 75.0 % とあるわ。つまり、水素を 100 % 捕集した試験管に着火しても、爆発しないということか。

理香：そういうことになるね。

3本の試験管でそれぞれ着火し、燃焼実験を行った。

未来：アセチレンの燃焼反応は、[オ] で表される。反応式から量的な関係を考えると、アセチレンが過不足なく反応するのは、アセチレンの体積比が [カ] % になったときだね。

理香：なるほど。文献を調べると、アセチレンのような可燃性気体の爆発下限は、空気中で理論上 [カ] % の 0.55 倍 であり、アセチレンの爆発範囲は空気中で 2.5 ～ 100 % とある。従って、密閉容器内でアセチレンと空気を混合して過不足なく反応させると、[キ]。だから、今回の実験では [ク] % の時が最も爆発音が大きかったのよ。

未来：[ク] % 以外の場合も小さな音がしたよ。と同時に、大量のすすが生じたね。

理香：アセチレンは炭素含有率が [ケ] % と極めて大きいので、不完全燃焼しやすい。しかし、酸素気流中では 3,000 °C 以上の高温で完全燃焼させることが可能なの。だから鉄の溶接や切断に使われている。昨年の台風災害で壊れた屋根の鉄骨を切り落とす際にも、アセチレンは使われていたわ。

未来：なるほど。アセチレンの燃焼反応は、トンネル工事でも使われているね。問題は、[コ] 空気中の酸素を大量に消費することね。作業現場では、酸素濃度が低下しないよう、常に換気を行っているそうよ。

参考文献：久保田博信；“【解説】可燃性気体の爆発限界”， Netsu Bussei 8 [2] (1994) 83/90
労働省安全課編；”ガス溶接・溶断作業の安全”
日本化学会 化学教育協議会編；化学と教育 高等学校 化学実験集

[問] 次の各問に答えよ。

ア. 適切な数値を入れよ。

イ. 語句を記せ。

ウ. 化学反応式を記せ。ただし、酸化カルシウムは水と反応すると、水酸化カルシウムになる。

エ. [イ] 法で行うとき、少なくとも「試験管、シリコン栓、輪ゴム」の語句を用いて、工夫する点を簡潔に記せ。ただし、シリコン栓は、試験管のふた用に大きさを調整する。

オ. 完全燃焼の化学反応式を記せ。

カ. 適切な数値を、有効数字2桁 で求めよ。ただし、空気は、酸素と窒素が 1:4 の体積比で混合した気体とする。

キ. 適切な語句を、次から選んで記せ。

[爆発しない 爆発することもある 必ず爆発する 爆発するか否かの判断はできない]

ク. 数値を記せ。

ケ. 適切な数値を、有効数字2桁 で求めよ。ただし、 $H = 1.0$, $C = 12.0$ とする。

コ. 下線部について、アセチレンを完全燃焼させるのに酸素ボンベから 330 L/時間 の酸素を供給したところ、同時に 4.20 m³/時間 の空気を消費した。酸素は、全てアセチレンの燃焼に使われたとする。このとき、10 分間で反応したアセチレンの物質質量 [mol] を、有効数字2桁 で求めよ。ただし、空気は、酸素と窒素が 1:4 の体積比で混合した気体とし、気体の体積は標準状態 (0 °C, 1.01×10^5 Pa) での値とする。また、1 m³ = 1,000 L である。

【 化学基礎大問 同位体 応用編 】

【 2 】 次のⅠ，Ⅱの各問に答えよ。

Ⅰ. 次の文をよく読み，[問ア～ウ] に答えよ。

同位体の中には，原子核が不安定で放射線と呼ばれる粒子や電磁波を出して壊れ，他の安定な原子に変わる（放射性崩壊する）ものがある。それらを放射性同位体という。放射性崩壊は壊変ともいわれる。

α 線の放出は，原子核から陽子 2 個と中性子 2 個が出ていく現象である。この現象は α 崩壊といい，原子核は質量数が [a]，原子番号が 2 だけ小さくなる。

β 線の放出は，原子核中の中性子が [b] に変化するとき電子が飛び出す現象である。この現象を β 崩壊といい，質量数が同じで原子番号が 1 だけ大きくなる。

崩壊後の原子核は不安定である場合が多く，安定な原子になるまで α 崩壊や β 崩壊が起こり，よりエネルギーの低い原子に変わり続ける。このとき，余分なエネルギーが電磁波として放出されることがある。これは γ 線である。 γ 線の放出においては，原子番号も質量数も変化しない。

[問]

ア. [a] に適切な数値を記せ。

イ. [b] に適切な語句を記せ。

ウ. 下線部の例として， ${}_{92}^{238}\text{U}$ は α 崩壊と β 崩壊が起きることにより，安定な ${}_{82}^{206}\text{Pb}$ になる。 α 崩壊と β 崩壊がそれぞれ何回起きたか。適切な数値を記せ。

II. 次の文をよく読み, [問エ~カ] に答えよ。

呼気中の二酸化炭素は, ピロリ菌^[注1]に感染しているか否かを調べる方法として利用されることがある。ピロリ菌がもつウレアーゼという酵素^[注2]は, 胃の中の①尿素 $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ を水分子と反応させ, アンモニアと二酸化炭素に変化させる。②アンモニアは胃酸(塩酸)と反応するため, 胃の内部でピロリ菌は生息できるようになる。また, 二酸化炭素は速やかに血液中に吸収され, 肺に移行し, 呼気中に二酸化炭素として排出される。

被験者が検査薬として ^{13}C で標識された尿素 (^{13}C - 尿素) を服用すると, ピロリ菌に感染していない場合は尿素が分解されないため, ^{13}C - 尿素に由来する ^{13}C - 二酸化炭素は呼気中に含まれない。ところが, ピロリ菌に感染している場合は, 尿素が分解されるため呼気中に ^{13}C - 二酸化炭素が多く含まれることになる。従って, 検査薬服用後に採取した呼気中の ^{13}C - 二酸化炭素を調べれば, ピロリ菌に感染しているか否か判断できる。さらに, この方法は, ピロリ菌感染者を治療して除菌できたか否かの確認にも使われている。

[注1] 正式には「ヘリコバクター・ピロリ」と呼ばれ, ヒトなどの胃に感染する細菌であり, 胃炎や胃潰瘍になる原因と考えられる。

[注2] 生体内で触媒作用をもつタンパク質。触媒とは, 反応の前後でそれ自身は変わらないが, 反応を速くする物質をいう。

表1 呼気の体積組成

	呼気の組成 (体積比) [%]
窒素	75.0
酸素	16.0
アルゴン	1.0
二酸化炭素	4.0
水蒸気	4.0

[問]

エ. ピロリ菌に感染していない場合, 呼気中の ^{12}C , ^{13}C の同位体存在比は, 天然の存在比と同じで, ^{12}C 98.93% , ^{13}C 1.07% と仮定できる。呼気中の ^{13}C - 二酸化炭素の体積比 [%] を, 有効数字2桁 で求めよ。呼気の体積組成は表1を用いること。

オ. 下線部①, ②について, 化学反応式をそれぞれ記せ。

カ. 被験者が ^{13}C - 尿素を 100 mg 服用して, その ^{13}C の 3.00% が呼気 1 L 中の ^{13}C - 二酸化炭素として容器に捕集できたとする。この容器中の ^{13}C はすべて ^{13}C - 尿素に由来するものと仮定して, 捕集した呼気中の ^{13}C の同位体存在比 [%] を, 有効数字2桁 で求めよ。ただし, 呼気の組成は表1を用い, 呼気の体積は標準状態 (0 °C , 1.01×10^5 Pa) での値とする。また, $\text{H} = 1.0$, $\text{N} = 14.0$, $\text{O} = 16.0$ とし, ^{13}C の相対質量は, 質量数に等しいとする。

【 化学基礎大問 逐次滴定 発展編 】

【 3 】 次のⅠ, Ⅱの各問に答えよ。

Ⅰ. 次の文をよく読み, [問ア, イ] に答えよ。

溶液Aには, 炭酸水素ナトリウム, 炭酸ナトリウム, 水酸化ナトリウムのいずれか1つ, または2つが含まれている。溶液Aの a [mL] を C [mol/L] の塩酸で滴定した。

指示薬としてフェノールフタレインを使ったとき, 塩酸は V_1 [mL], メチルオレンジを使ったとき塩酸は V_2 [mL] で指示薬は変化した。

[問]

ア. 溶液Aに含まれている物質が次の (a) ~ (d) の場合, それぞれ V_1 と V_2 の関係を表す式はどれか。下の (1) ~ (6) から最も適するものを選び, 番号で答えよ。

- (a) 水酸化ナトリウムのみ
- (b) 炭酸ナトリウムのみ
- (c) 水酸化ナトリウムと炭酸ナトリウム
- (d) 炭酸水素ナトリウムと炭酸ナトリウム

- (1) $V_1 = V_2$ (2) $V_1 = 2V_2$ (3) $2V_1 = V_2$
 (4) $2V_1 < V_2$ (5) $2V_1 > V_2$ (6) $V_1 > 2V_2$

イ. 溶液Aとして, B [mol/L] セスキ炭酸ナトリウム【化学式 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 】溶液を調製した。

この溶液 a [mL] を C [mol/L] の塩酸で滴定したとき, V_2 [mL] の値を, a , B , C を用いた式で表せ。

II. 次の文をよく読み, [問ウ~キ] に答えよ。

必要があれば, $H = 1.0$, $C = 12.0$, $O = 16.0$, $Na = 23.0$ を用いよ。

不純物として Na_2CO_3 のみを含む $NaOH$ の結晶を水に溶かし 100 mL の溶液とした。この溶液 20.0 mL ずつを別々の容器にとり, 一方にはメチルオレンジを指示薬として 1.00 mol/L の塩酸で滴定したところ, 溶液が変色するまでに 16.30 mL を要した。

また, 他方には, もはや炭酸バリウムの白色沈殿が生じなくなるまで $BaCl_2$ 溶液を加えたのち, ろ過をせずによく振り混ぜながら 1.00 mol/L の塩酸で滴定した。[a] を指示薬として加え, 溶液が変色するまでに 14.30 mL を要した。

[問]

ウ. 下線部の沈澱生成に関する化学反応式を記せ。

エ. [a] の指示薬として, 適当なものを下から選べ。


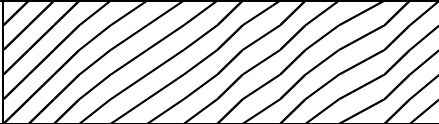
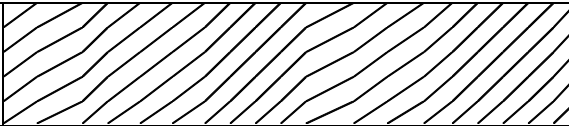
[フェノールフタレイン メチルオレンジ]

オ. エで選ばなかった指示薬を用いると, どのような反応が副次的に起こると予想されるか。指示薬の変色域と関係づけて記せ。

カ. 最初の結晶中の Na_2CO_3 の質量 [g] を, 有効数字 2 桁 で求めよ。

キ. 最初の結晶中の $NaOH$ の純度 [%] を, 有効数字 3 桁 で求めよ。

令和(2)年度 化学基礎 評価問題(改訂版) 解答用紙 令和 年 月 日 曜日 時限						素 点
学年() クラス()()番 氏名()						
★漢字で書くべき語句は、必ず漢字で書くこと。問題の指示に従っていない場合や漢字ミス、化学式ミスは0点						点
【1】	ア	イ			コ	mol
	ウ →					
	エ					
	オ →					
	カ	キ	ク	ケ		
【2】	ア	イ	α崩壊		β崩壊	
	Ⅰ	ウ	回	回		
	エ	%			カ	%
	Ⅱ	①	→			
	オ	②	→			
【3】	Ⅰ	ア	(a)	(b)	(c)	(d)
	イ $V_2 =$					
	ウ →					
	Ⅱ	エ	オ			
カ	g	キ	%			
★ 必要な単位をつけているか、漢字ミス、化学式ミスはないか、必ず見直しをすること。						
★ テスト終了後、答案を回収する前に、消しゴムの消しすぎは取り除いておくこと。						

令和(2)年度 化学基礎 評価問題(改訂版) 解答用紙 令和 年 月 日 曜日 時限						素		
学年() クラス() () 番 氏 名()						点		
★漢字で書くべき語句は、必ず漢字で書くこと。問題の指示に従っていない場合や漢字ミス、化学式ミスは0点						点		
【1】 24点	ア	-1	イ	水上置換		コ	3.5 mol (3.48...)	
	ウ	$\text{CaC}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{C}_2\text{H}_2$						
	エ	試験管で水を半分満たす位置に輪ゴムをはめて目印とし、水を輪ゴムの位置まで入れ、シリコン栓でふたをする。						
	オ	$2\text{C}_2\text{H}_2 + 5\text{O}_2 \rightarrow 4\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$						
【2】 34点	カ	7.4 (7.40...)	キ	必ず爆発する		ク	10	
	ケ	92 (92.3...)						
	ア	4	イ	陽子	ウ	8 回	エ	6 回
	エ	$4.3 \times 10^{-2}\%$		カ	2.8 % (2.75...)			
【3】 42点	ア	(1)	(3)	(5)	(4)	$V_2 = \frac{3Ba}{C}$		
	ウ	$\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{BaCl}_2 \rightarrow \text{BaCO}_3 + 2\text{NaCl}$						
	エ	フェノールフタレイン	メチルオレンジの変色域は酸性側にある。酸性が強くなると、 炭酸バリウムは二酸化炭素を発生しながら溶ける。					
	カ	$5.3 \times 10^{-1}g$	キ	84.4 % (84.36...)				
★ 必要な単位をつけているか、漢字ミス、化学式ミスはないか、必ず見直しをすること。								
★ テスト終了後、答案を回収する前に、消しゴムの消しずは取り除いておくこと。								

令和（ 2 ）年度 化学基礎 評価問題解説（改訂版）

【 1 基本編 】 問 ア～オ までの実験手順を下に示す。

アセチレンの性質：アセチレン中の炭素原子の酸化数は〔ア、 -1 〕である。

アセチレンは水に溶けにくいので、〔イ、水上置換〕法で捕集する。

実験手順

① 試験管に右図（→）のように輪ゴムをはめる。

② 輪ゴムのところまで水を入れておく。

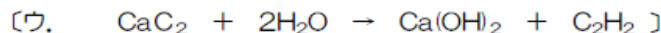
③ 水槽に水を半分以上入れ、試験管を倒立させる。
すると、輪ゴムからは空気である。

④ カーバイドを水中に投入し、ろうとをかぶせて
発生したアセチレンを試験管に捕集する。
すると、水の方だけアセチレンに置き換わる。

〔エ、②が工夫点である。50%の時にあてはめて書けばよい。〕

※ 100%、50%、10%を1本ずつ捕集する。

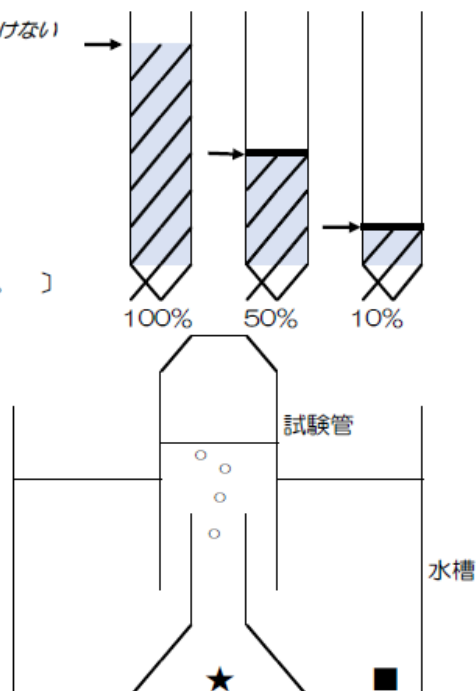
アセチレンの発生反応は、



※ 捕集し終わったら、水中から出さずにシリコン栓をはめる。

★ カーバイド

■ シリコン栓



⑤ アセチレンを捕集した試験管を立てて、シリコン栓を外すと同時に火をつける。

※ 100% → 50% → 10%の順に行う。

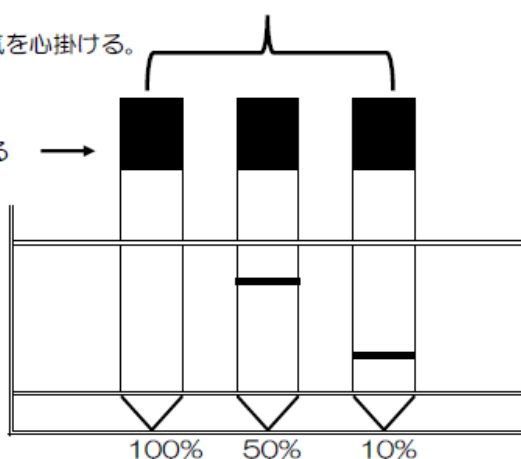
※ アセチレンは不純物のため独特の臭気をもつので、換気を心掛ける。

シリコン栓を外したらすぐ火を近づける

アセチレンの燃焼反応は、



試験管立て



カ. $2\text{C}_2\text{H}_2 + 5\text{O}_2$

$$V(\text{L}) \quad \frac{5}{2}V(\text{L}) \rightarrow \text{必要な空気の量は, } \frac{5}{2}V \times 5 = \frac{25}{2}V(\text{L})$$

$$\therefore \text{アセチレンの体積比}(\%) = \frac{V}{\frac{25}{2}V + V} = \frac{2}{27} = 0.0740\cdots \approx 7.4\%$$

キ. アセチレンの理論上の爆発下限は, $7.40 \times 0.55 = 4.07 \% > \text{実際値}(2.5\%)$

これと爆発範囲が $2.5 \sim 100\%$ であることより, 7.4% の時は, [必ず爆発する]。

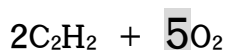
ク. カ. より3本の試験管は, 全て不完全燃焼であることが判明する。その中で, すすが出にくく, 過不足なく反応する量に最も近いのは, [10] % の時である。

$$\text{ケ. アセチレンの炭素含有率}(\%) = \frac{2C}{C_2H_2} = \frac{24.0}{26.0} = 0.923\cdots \approx 92\%$$

コ. 供給された酸素の量を, 10分間当たりの量に直す。

$$\text{① 酸素ポンベ} \cdots \frac{330}{6} = 55.0 \text{ L} \quad \text{② 空気} \cdots \frac{4.20}{6} \times \frac{1}{5} = 0.140 \text{ m}^3 = 140 \text{ L}$$

∴ 供給された酸素の量は, $55.0 + 140 = 195 \text{ L}$



$$\therefore 10\text{分間で反応したアセチレンの物質質量}(\text{mol}) = \frac{195 \times \frac{2}{5}}{22.4} = 3.48\cdots \approx 3.5 \text{ mol}$$

【 2 応用編 】

I.

ア. $2 + 2 = 4$

イ. 原子番号が 1 大きくなることより, [陽子] もしくは [軽水素の原子核]

ウ. 質量数の減少量は, $238 - 206 = 32$, 原子番号の減少量は, $92 - 82 = 10$ である。

α 崩壊を A (回), β 崩壊を B (回) とすると,

$$4A = 32 \cdots \text{①}$$

$$2A - B = 10 \cdots \text{②}$$

$$\text{①, ②より, } A = 8, B = 6$$

II.

$$\text{エ. } 4.0 \times \frac{1.07}{100} = 4.28 \times 10^{-2} \% \approx 4.3 \times 10^{-2} \%$$

オ. ① $(NH_2)_2CO + H_2O \rightarrow 2NH_3 + CO_2$ ピロリ菌がもつウレアーゼは, 尿素を加水分解する。



$$\text{カ. } (NH_2)_2^{13}CO = 61.0 \text{ より } ^{13}C - \text{尿素の物質質量}(\text{mol}) = \frac{0.100}{61.0} \text{ mol}$$

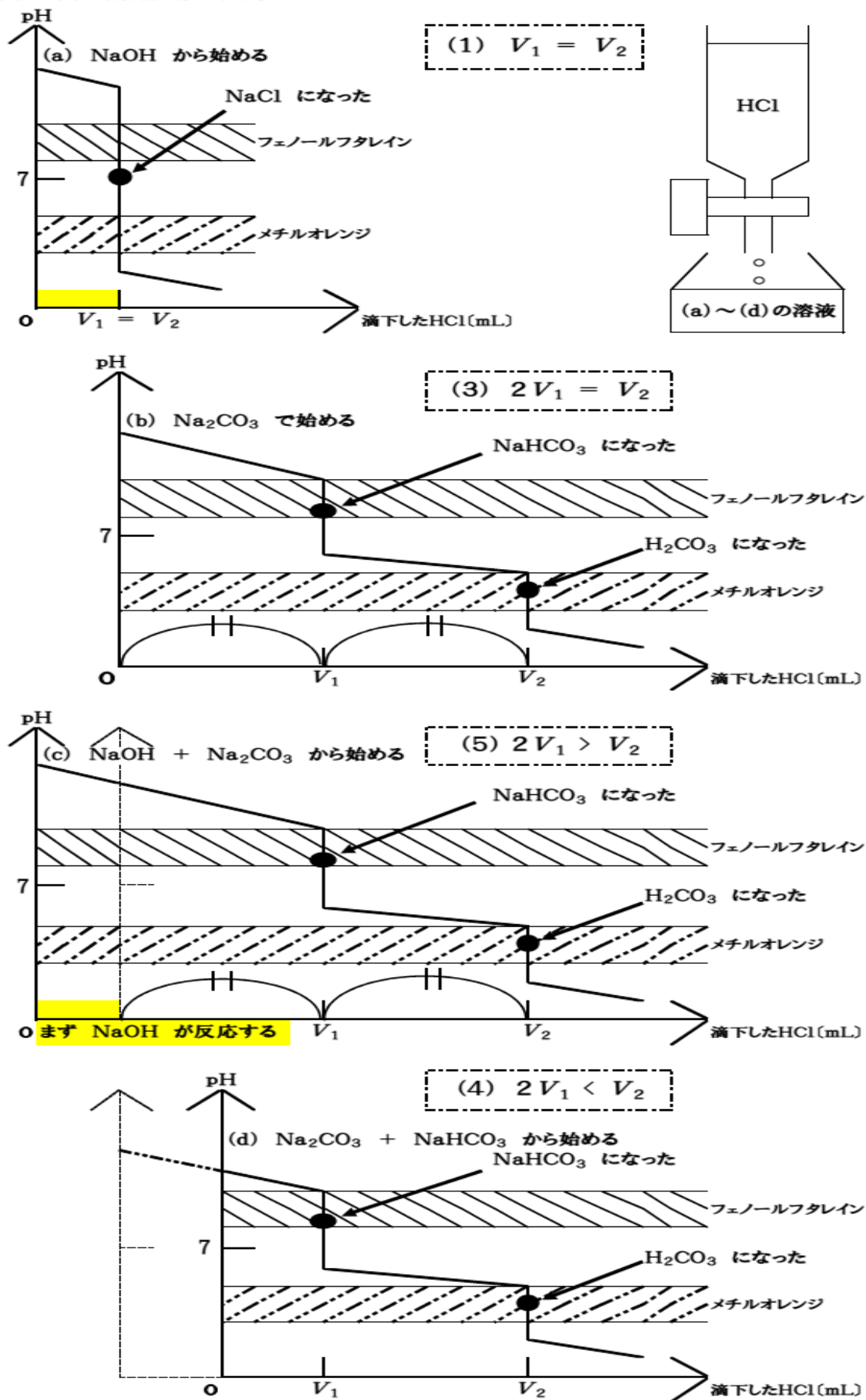
$$(NH_2)_2^{13}CO \rightarrow ^{13}CO_2 \text{ (効率 } 3.00\% \text{) より } ^{13}CO_2 \text{ の物質質量は, } \frac{0.100}{61.0} \times 0.0300 \text{ mol}$$

一方, 呼気中の二酸化炭素の総物質質量は, $\frac{1 \times 0.040}{22.4} \text{ mol}$ であるから,

$$^{13}C \text{ の同位体存在比}(\%) = \frac{\frac{0.100 \times 0.0300}{61.0}}{\frac{0.040}{22.4}} = 0.0275\cdots \approx 2.8\%$$

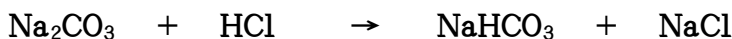
【 3 発展編 】

I. ア. (a)～(d)の滴定曲線を示す。



イ. セスキ炭酸ナトリウムの反応は, [問]ア. の(d)に相当する。

第1中和点



$$\frac{Ba}{1000}(\text{mol}) \quad \frac{CV_1}{1000}(\text{mol}) \quad \frac{Ba}{1000}(\text{mol}) \text{ の } \text{NaHCO}_3 \text{ が生じることに注意!!}$$

$$\text{反応式より } \frac{Ba}{1000} = \frac{CV_1}{1000} \quad \therefore V_1 = \frac{Ba}{C}(\text{mL}) \quad \dots \textcircled{1}$$

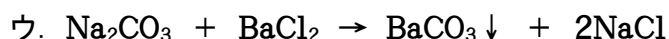
第2中和点



$$\frac{2Ba}{1000}(\text{mol}) \quad \frac{C(V_2 - V_1)}{1000}(\text{mol})$$

$$\text{反応式より } \frac{2Ba}{1000} = \frac{C(V_2 - V_1)}{1000} \quad \textcircled{1} \text{を代入して, } V_2 = \frac{3Ba}{C}(\text{mL})$$

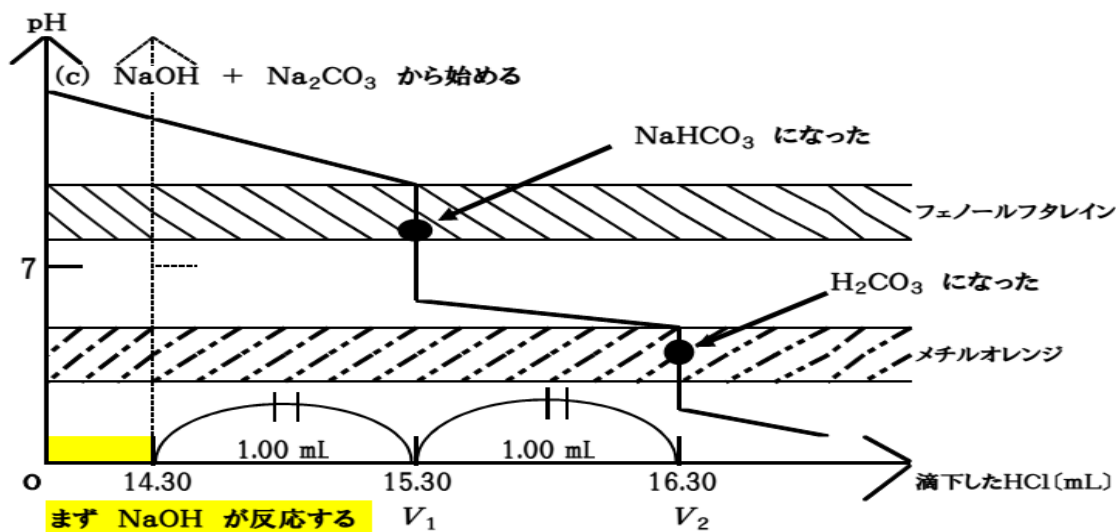
II. この方法は, Winkler 法と呼ばれ, 精度の高い方法である。不純物の Na_2CO_3 を BaCO_3 の沈殿として取り除き, NaOH だけを滴定することができる。この時, 沈殿をろ過しないので, 変色域が塩基性側にあるフェノールフタレインを指示薬として用いる。メチルオレンジを指示薬として用いると, 酸性が強くなって BaCO_3 の沈殿が溶けてしまい, 滴定値に影響を及ぼす。



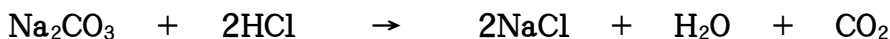
エ. フェノールフタレイン

オ. メチルオレンジの変色域は酸性側にある。酸性が強くなると, 炭酸バリウムは二酸化炭素を発生しながら溶ける。

カ. 問題文の数値を滴定曲線にあてはめていくと, 下図のようになる。



Na_2CO_3 の モル濃度を $x(\text{mol/L})$ とおくと, $\frac{20.0x}{1000}(\text{mol})$



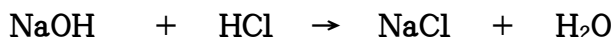
$$\frac{20.0x}{1000}(\text{mol}) \quad \frac{1.00 \times (16.30 - 14.30)}{1000} \text{ mol}$$

$$\frac{20.0x}{1000} \times 2 = \frac{1.00 \times 2.00}{1000}$$

$$\therefore x = 0.0500 \text{ mol/L}$$

$$\begin{aligned} \text{溶液 } 100 \text{ mL 中の } \text{Na}_2\text{CO}_3 \text{ の質量}(\text{g}) &= 0.0500 \times \frac{100}{1000} \times 106 = 0.530 \text{ g} \\ &= 5.3 \times 10^{-1} \text{ g} \end{aligned}$$

キ. NaOH のモル濃度を y (mol/L) とおくと, $\frac{20.0y}{1000}$ (mol)



$$\frac{20.0y}{1000} \text{ (mol)} \quad \frac{1.00 \times 14.30}{1000} \text{ mol}$$

$$\frac{20.0y}{1000} = \frac{1.00 \times 14.30}{1000}$$

$$\therefore y = 0.715 \text{ mol/L}$$

$$\text{溶液 } 100 \text{ mL 中の NaOH の質量 (g)} = 0.715 \times \frac{100}{1000} \times 40.0 = 2.86 \text{ g}$$

$$\therefore \text{NaOH の純度 (\%)} = \frac{2.86}{2.86 + 0.530} = 0.8436 \dots \approx 84.4 \%$$

【 3 】のIのイ. について

溶液Aとして, B [mol/L] セスキ炭酸ナトリウム【化学式 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 】溶液を調製した。

この溶液 a [mL] を C [mol/L] の塩酸で滴定したとき, V_2 [mL] の値を, a , B , C を用いた式で表せ。

$B = C = 0.100 \text{ mol/L}$, $a = 10.0 \text{ mL}$ の条件の下, 滴定実験を行った。

$$\text{理論値は, } V_1 = \frac{Ba}{C} = 10.0 \text{ mL} \quad V_2 = \frac{3Ba}{C} = 30.0 \text{ mL}$$

実験結果

回数	V_1 [mL]	V_2 [mL]	実験者
1	11.10	31.30	鬼塚 (宮崎工業)
2	11.00	31.30	
3	11.00	31.20	
4	11.12	31.40	生徒 (化学環境科)
5	11.07	31.52	
6	11.20	31.40	
平均値	11.081	31.353...	

$$\text{理論値と実測値の誤差は, } V_1 \text{ の誤差} = \frac{11.081}{10.0} = 1.1081$$

$$V_2 \text{ の誤差} = \frac{31.353}{30.0} = 1.0451$$

V_1 の誤差は 11 % と大きく, V_2 の誤差は 4.5 % とまずまずだった。 V_1 の定量を行うときのフェノールフタレインの色が変化する瞬間の見極めは難しく, 実験者による誤差も考えられる。その一方で, メチルオレンジの色が変わる瞬間は, (慣れると) 割と見極めが付きやすい。

令和（ 2 ）年度 化学基礎 補足問題(セスキの前段階)

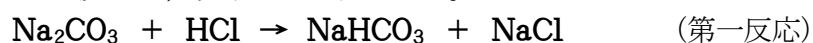
学年()クラス() ()番 氏名()

【 化学基礎大問 逐次滴定 計算編 】

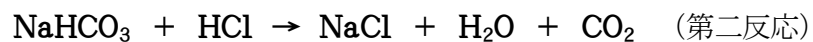
※ 次の問題について、大気中の二酸化炭素の影響は無視してよいものとする。

0. 次の文をよく読み、[問①及び②]に答えよ。解答は、□内に記入せよ。

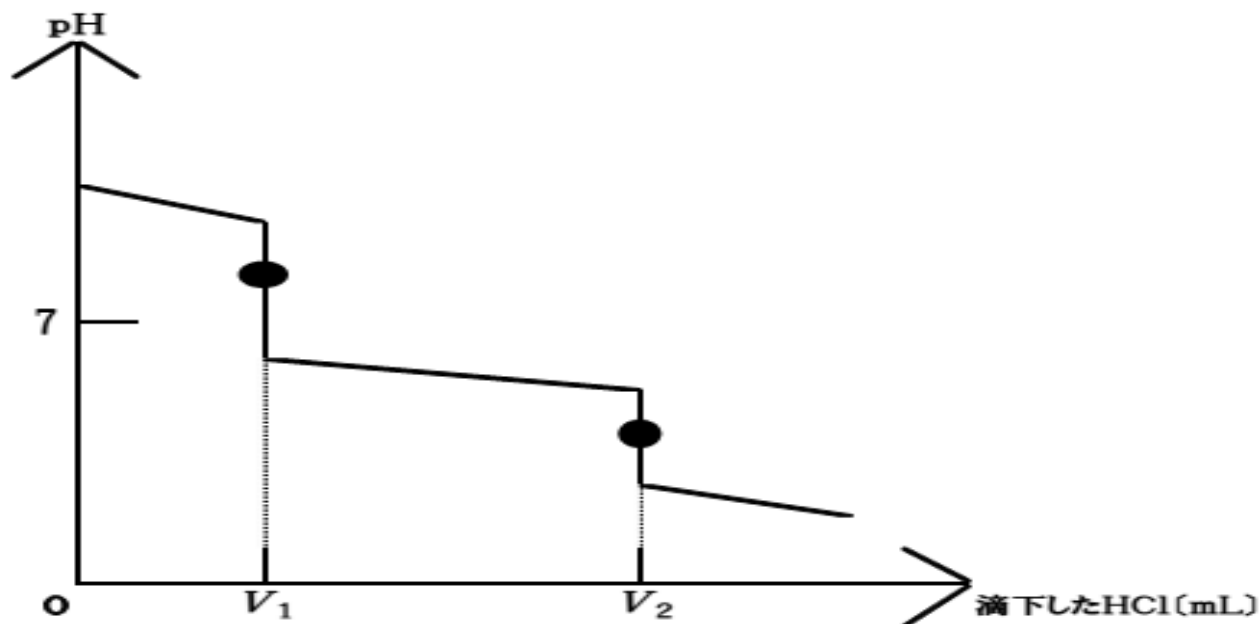
a [mol/L] の炭酸ナトリウム水溶液 v [mL] に b [mol/L] の炭酸水素ナトリウム水溶液 v [mL] を混合した。この混合溶液にフェノールフタレインを指示薬として加え、 a [mol/L] の塩酸で滴定した。このときの反応は、以下の式で表される。



次に (①) を指示薬として加え、滴定を続けた。このときの反応は、以下の式で表される。



第一反応及び第二反応で指示薬が変色するまでに加えた塩酸の体積を、それぞれ V_1 、 V_2 [mL] とする。このときの滴定曲線を、模式的に下図に示す。●はそれぞれの反応の終点を示す。



問① 適切な指示薬の名称を記せ。

--

問② V_2 [mL] を求めたい。次の文をよく読み、[ア]～[カ]に適切な文字式を入れよ。

混合溶液中の炭酸ナトリウムは [ア] mol であるから、第一反応の反応式を用いると、 $V_1 = [イ]$ mL と算出される。一方、第一反応で生じる炭酸水素ナトリウムは [ウ] mol であるから、第一反応直後の炭酸水素ナトリウムは [エ] mol である。第二反応の反応式及び[イ], [エ]を用いると、 $V_2 = [オ]$ mL と算出される。

従って、 $a = b$ の場合は、 $V_2 = [カ]$ mL となる。 $a = b$ の代表的な例として、トロナ鉱石の主成分であるセスキ炭酸ナトリウム $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{NaHCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ が挙げられる。

ア	イ
ウ	エ
オ	カ

令和（ 2 ）年度 化学基礎 補足問題解説（セスキの前段階）

【 逐次滴定 計算編 】

0.

① メチルオレンジ … 変色域が酸性側にある。

②

第一反応(第1中和点)



[ア] $\frac{av}{1000}$ (mol) $\frac{a \times V_1}{1000}$ (mol) [ウ] $\frac{av}{1000}$ (mol) ← 第一反応で新たに生じる！！

反応式より $\frac{av}{1000} = \frac{a \times V_1}{1000}$ $\therefore V_1 = v(\text{mL}) \dots$ [イ]

第二反応(第2中和点)



[エ] $\frac{(a+b)v}{1000}$ (mol) $\frac{a \times (V_2 - V_1)}{1000}$ (mol)

反応式より $\frac{(a+b)v}{1000} = \frac{a \times (V_2 - V_1)}{1000}$ $\therefore V_2 = \frac{(2a+b)v}{a}(\text{mL}) \dots$ [オ]

[オ]より $V_2 = 3v(\text{mL}) \dots$ [カ]

【4のゼロ 化学基礎大問 逐次滴定 計算編の評価規準 基礎レベル】

小問 記号	主に問いたい資質・能力				出題意図
	知識・技能	思考力	判断力	表現力	
問①	○				適切な指示薬を選ぶことができる。
問②	○	○	○	○	与えられた条件に従って、それぞれの量の文字式を導くことができる。
ア	○				炭酸ナトリウムの物質量を文字式で表すことができる。
イ	○	○			与えられた化学反応式を用いて、滴定体積に関する文字式を導くことができる。
ウ	○				与えられた化学反応式を用いて、炭酸水素ナトリウムの物質量を文字式で表すことができる。
エ	○	○			第一反応直後の炭酸水素ナトリウムの全物質量を、文字式で表すことができる。
オ		○	○	○	与えられた化学反応式と[イ]及び[エ]を用いて、滴定体積に関する文字式を導くことができる。
カ	○				条件に従って、文字式を導くことができる。