

## 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 .....	4
解答用紙 .....	12
模範解答 .....	13

## 令和（ 2 ）年度評価問題（化学）と新学習指導要領との関連について

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

化学的な事物・現象に関わり，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，化学的な事物・現象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目指す。

- (1) 化学の基本的な概念や原理・法則の理解を深め，科学的に探究するために必要な観察，実験などに関する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) 化学的な事物・現象に主体的に関わり，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。

「化学」の目標は，高等学校理科の目標を受け，「化学基礎」までの学習を踏まえて，化学的な事物・現象に関わり，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，化学的な事物・現象を科学的に探究するために必要な資質・能力を育成することである。

「見通しをもって観察，実験を行うことなどを通して，化学的な事物・現象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目指す」とあるのは，「化学基礎」と同様に，探究の過程を通して，化学的な事物・現象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。この資質・能力を育成するためには，観察，実験は大きな役割を果たしている。化学が対象とする事物・現象は，一般的に実験室で取り扱えることが多く，実際に観察，実験を行い，探究の過程を踏まえた学習活動を行うようにすることが大切である。

### 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）

#### (4) 有機化合物の性質

##### (ア) 有機化合物

㊦ 炭化水素	… 問9,10
㊧ 官能基をもつ化合物	… 問1～8,11,12
㊨ 芳香族化合物	

### 3. 作問の方針

- ①官能基をもつ化合物を中心に，対話形式で実験や文献調査などを行う場面設定をした問題作成に取り組み，各学校の実態や学習の進捗に応じた知識・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「基礎レベル」では，以下のように設問を検討した。  
問9,10では，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「標準レベル」では，以下のように設問を検討した。  
問1～3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。  
問4～8では，生徒が「見通しをもって」実験に取り組み，目的物質を得るための知識・技能，思考力・判断力・表現力を評価する設問設定を行った。  
問11,12では，実験事実からの的確に分析・考察・表現する力などが評価できる設問を検討した。
- ④従来のドリル型の演習は，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. 化学 有機化学（脂肪族）の評価規準】

研究 ノート	小問	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 標準	標準	問1	○				適切な構造式を書くことができる。
	基礎	問2	○		○		適切な反応名を判断できる。
	応用	問3		○	○	○	与えられた情報から、分子内脱水によってケテンが生成し、ケテンとエタノールが付加反応によって酢酸エチルを生成する反応過程を導き出すことができる。また説明することができる。
2 応用	標準	問4		○		○	還流冷却器を使う理由を、沸点などの物質の性質から推測することができる。
	応用	問5		○	○	○	エステル化が可逆反応であることに気づき、乾燥している実験器具を使う必要性を、平衡移動による収率の増減から思考することができる。
	標準	問6	○		○		弱酸遊離反応であることに気づき、化学反応式を書くことができる。
	標準	問7		○		○	表1のデータから物質の性質を読み取り、実験操作の必要性を説明できる。
	応用	問8	○		○		水素結合は分子間で成り立つことから、適切な構造式を書くことができる。 構造式から疎水基を判断できる。
3 基礎	標準	問9		○		○	温度の低下による、気体発生 の停止と、体積の収縮が影響し、フラスコ内の圧力が変化することを思考できる。それを説明することができる。
	基礎	問10	○		○		実験結果と会話から、ジエチルエーテルだと判断する思考の過程を理解できる。
4 標準	標準	問11	○	○	○		2種類の分子量の水が生成することを読み取り、同位体と分子量から生成比を計算することができる。
	応用	問12		○			問11の生成比を利用して、水分子の見かけの分子量を計算することができる。

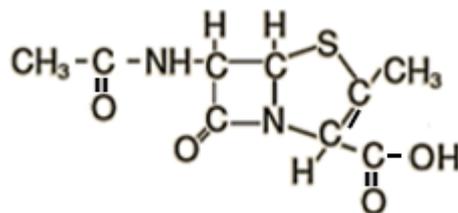
次の問題は、エステルについて興味をもったグループの会話と、研究ノートの一部である。研究ノートに記されている実験は、室温 25 °C の実験室で行った。

以下の各問に答えよ。解答は、解答用紙に記すこと。

必要ならば次の原子量を用いること。

H 1.0    C 12    O 16

構造式の書き方の例



### 【会話 1】

さくら：エステル化とは、カルボン酸のようなオキシ酸とアルコールを脱水縮合する反応のことだったよね。式にしてみると、『エステル = オキシ酸 + アルコール - 水』になるね。

あおい：そうだね。エステル化について、仮説を立てたよ。みんなで考えてみよう。

### 【研究ノート 1】

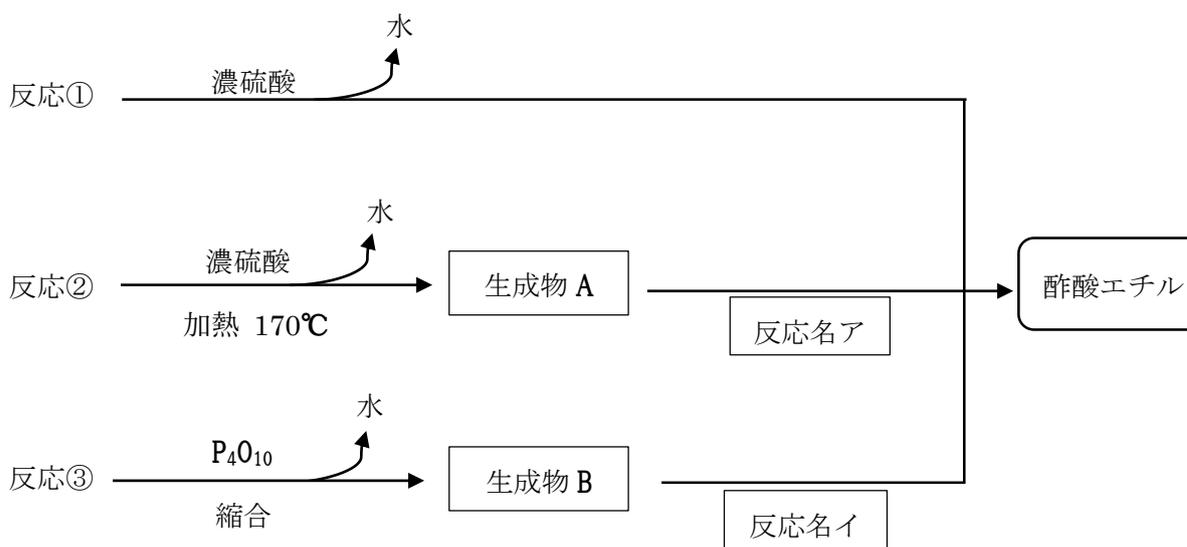
エステル = オキシ酸 + アルコール - 水

- 反応① (オキシ酸 + アルコール) - 水  
 反応② オキシ酸 + (アルコール - 水)  
 反応③ (オキシ酸 - 水) + アルコール

どの順番でも反応できるのだろうか？

反応①～③を行うと、最終生成物には共通して酢酸エチルが含まれていた。

共通の材料：酢酸・エタノール



問 1 生成物 A・B をそれぞれ構造式で答えよ。生成物 B は無色の液体で、分子量は 102 だった。  
ただし、構造式は「構造式の書き方の例」を参考にする事。

問 2 反応名ア・イをそれぞれ答えよ。

問 3 反応③について、700 ~ 800 °C、リン酸エステル存在下で実験を行うと、反応過程で刺激性のある有毒な気体のケテン（下記）が発生した。しかし、最終生成物は反応①~③と同様に、酢酸エチルが得られた。この反応過程について、反応名を明記しながら説明せよ。構造式を用いて説明してもよい。  
ただし、反応の過程で生成物 B は発生しなかったものとする。



反応①『（オキシ酸+アルコール）-水』についての研究ノートである。

【研究ノート2】

<実験操作>

操作1：①（よく乾燥した・純水でぬれたままの）丸底フラスコに酢酸とエタノールを加え、冷却しながら濃硫酸を少しずつ加えた。図1のように還流冷却器を取り付け、沸騰石を入れた後、水浴で約20分間、加熱還流した。

操作2：加熱還流後、室温にした反応液をビーカーに取り、冷水を加えると二層に分かれた。下層を捨てた後、上層のみを分液漏斗に入れた。

操作3：分液ろうとに *t*-ブチルメチルエーテルと飽和炭酸水素ナトリウム水溶液を加え、時々コックを開けて（化合物C）による圧を除きながらよく振り混ぜ、静置して下層を除いた。

これは、②未反応の酢酸を除くための作業である。

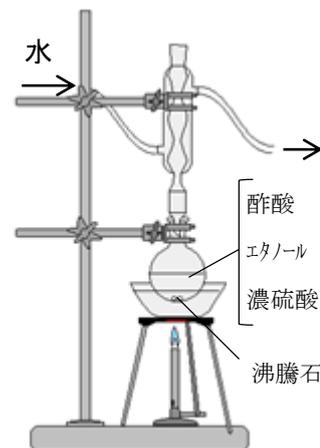


図1. 還流冷却器を取り付けた実験の様子

操作4：残った上層に、50%塩化カルシウム水溶液を加えて振り混ぜたのち、下層を捨てた。

③これは、わずかに残っていた未反応のエタノールを  $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$  という化合物に変え、除くための作業である。最後に残った溶液を三角フラスコに移し、粒状の無水塩化カルシウムを入れて、一晩放置した。

操作5：次の日、蒸留装置を組み立て、ろ過して得たる液を蒸留した。77℃付近の留分を集めると、純粋な酢酸エチルが得られた。

表1. 物質の性質（沸点・密度・モル質量）

	沸点 (°C)	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	モル質量 (g/mol)
<i>t</i> -ブチルメチルエーテル	55	0.75	88.15
酢酸エチル	77	0.90	88.11
エタノール	78	0.79	46.07
水	100	1.00	18.02
酢酸	118	1.05	60.05
硫酸	約 300	1.83	98.08

## 【会話2】

あおい：『下線部③の操作をしなければ，操作5の蒸留で純粋な酢酸エチルは得られない。』って論文に書いてあるよ。これは物質の性質が関係しているらしいんだけど，どうしてかな？

さくら：この実験に関わる物質の性質を表1にまとめてみたよ。

あおい：【研究ノート2】の実験で，最終的に得た物質は酢酸エチルだから・・・。

## 【会話3】

さくら：あれ？操作3は変じゃないかな？*t*-ブチルメチルエーテルは無極性分子だよ。無極性分子と極性分子は混ざり合わないよね。酢酸は極性分子なのに，何故 *t*-ブチルメチルエーテルに溶けるの？

あおい：本当だ。酢酸は極性分子の水と混ざりやすいのに，なぜなんだろう。

はるみ：エーテル中では，親水基のカルボキシ基どうしが（ウ）結合によって二量体をつくるからだよ。そうすると，疎水基の（エ）を外側に向け，疎水性の分子のように振る舞うことができるらしいよ。

問4 操作1について，図1に示されているように還流冷却器を取り付けている。その理由を答えよ。

問5 下線部①について，どちらが適当か答えよ。また，その理由をエステルの収率に触れて答えよ。

問6 下線部②と化合物Cについて，このときに起きた化学反応式を答えよ。

問7 【会話2】において，下線部③の操作をしなければ，操作5の蒸留で純粋な酢酸エチルが得られない理由を答えよ。

問8 【会話3】において，（ウ）の結合の名称，（エ）の官能基の名称及び酢酸の二量体の構造式を答えよ。ただし，「構造式の書き方の例」を参考にし，（ウ）の結合は点線（・・・）で表すこと。

反応②『オキソ酸+(アルコール+水)』についての実験を行ったときの会話である。

【会話4】

さくら：試験管の気体だけでなく，逆流防止の瓶にも液体が溜まっているよ。

あおい：本当だ。何か flowed のかな。それとも生成した何かの気体が冷やされて液体になったのかな。

さくら：逆流防止の瓶の液体が何か確かめてみよう。

あおい：そうだね。におい，金属ナトリウムを入れる，湯につける，机に1滴落とす，水と混ぜる，臭素水に通す・・・を試してみようか。

さくら：いいアイデアだね。その実験結果は表2にまとめよう。

【研究ノート3】

反応②の生成物Aの生成過程であり，濃硫酸を加えて加熱した。

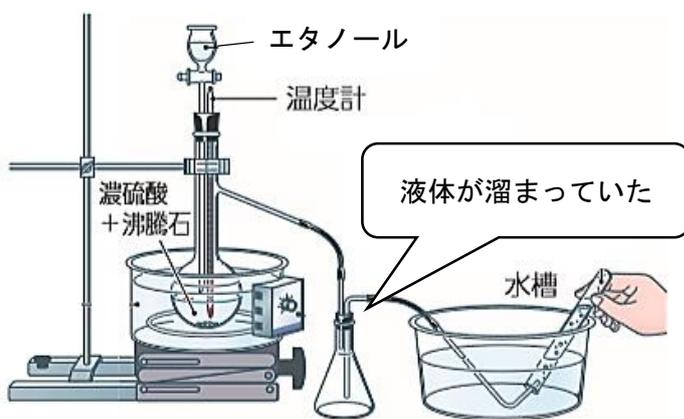


図2. 生成物Aの生成の実験装置

<注意点>

④水の逆流を防ぐために，ガラス管の先を水槽から出してから加熱をやめる。

表2. 逆流防止の瓶に溜まっていた液体の実験結果一覧表

におい	金属ナトリウムを入れる	湯につける	机に1滴落とす	水と混ぜる	臭素水に通す
甘い匂い	変化なし	すぐに沸騰が始まった	すぐに消えた	混ざらない	変化なし

### 【会話5】

さくら：表2について考えてみよう。

まず、甘い匂いと、金属ナトリウムと反応しなかったという結果から（オ）ではなさそうだね。

あおい：そうだね。それに水と混ざらないから、水と同様の（カ）分子でもなさそうだよ。

さくら：臭素水に通しても変化がないから、分子内に（キ）結合は持ってないだろうね。

あおい：湯につけるとすぐに沸騰して、机に1滴落とすとすぐに消えるから・・・

逆流防止の瓶に溜まっていた液体は（ク）だろうね。

問9 下線部④について、なぜ水が逆流するのか。論述せよ。

問10 【会話5】では、逆流防止の瓶に溜まっていた液体について考察している。

（オ）～（キ）は次の選択肢から選び、記号で答えよ。（ク）は物質名を答えよ。

〈 選択肢 〉

- |         |          |         |        |
|---------|----------|---------|--------|
| a. エーテル | b. アルコール | c. エステル | d. 極性  |
| e. 無極性  | f. 双性    | g. 飽和   | h. 不飽和 |

## 【会話6】

あおい：授業では、アルコールのヒドロキシ基の H と、カルボン酸のカルボキシ基の OH から水分子が取れると習ったよね。でも、ヒドロキシ基の OH と、カルボキシ基の H から水分子が生成されることはないのかな？

先生：どのようにしたら、ヒドロキシ基の H と、カルボキシ基の OH から水分子が生成していることが確認できると思いますか。

あおい：ヒドロキシ基の酸素原子と、カルボキシ基の OH の酸素原子の違いが分かればいいけど・・・。

さくら：同位体によって違いが分かるんじゃないかな？

先生：とてもいい議論ですね。このような文献を見たことがありますか。

## 【研究ノート4】

酢酸と質量数 18 の酸素の同位体  $^{18}\text{O}$  からなるエタノールを用いてエステル化を行ったところ、生成した水分子の見かけの分子量は 18.08 だった。

問 11  $\text{CH}_3\text{CO}^{18}\text{OC}_2\text{H}_5$  と  $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$  の生成比を求めるために、以下のように計算した。

(ケ) ~ (ソ) に当てはまる数字や文字式を答えよ。

ただし、質量数 18 の酸素原子は、質量数=相対質量とする。

$\text{CH}_3\text{CO}^{18}\text{OC}_2\text{H}_5$  が  $x$  (%) 生成したとすると、 $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$  は (ケ) % 生成したことになる。水分子の見かけの分子量は 18.08 なので、次のような式が成り立つ。

$$(コ) \times \frac{x}{100} + (サ) \times \frac{(ケ)}{100} = 18.08$$

計算すると、 $x : (ケ) = (シ) \% : (ス) \%$  となる。

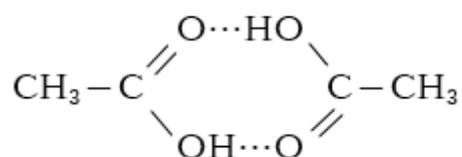
最も簡単な整数比にすると、 $\text{CH}_3\text{CO}^{18}\text{OC}_2\text{H}_5$  と  $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$  の生成比は (セ) : (ソ) となる。

問 12 仮に、酸素の同位体  $^{18}\text{O}$  をもつ酢酸  $\text{CH}_3\text{CO}^{18}\text{OH}$  と、エタノールを【研究ノート4】と同じように反応させると、生じる水の見かけの分子量はいくらになると予想されるか。

有効数字3桁 で答えよ。



問 1	生成物 A	生成物 B		
問 2	反応名 ア	反応名 イ		
問 3				
問 4				
問 5	選択肢			
問 6				
問 7				
問 8	(ウ)	構造式		
	(エ)			
問 9				
問 10	(オ)	(カ)	(キ)	(ク)
問 11	(ケ)	(コ)	(サ)	(シ)
	(ス)	(セ)	(ソ)	
問 12				

問1	生成物 A $\text{H}_2\text{C} = \text{CH}_2$	生成物 B $\text{CH}_3-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{CH}_3$		
問2	反応名 ア 付加反応	反応名 イ アセチル化 (エステル化)		
問3	酢酸が分子内脱水によって、二重結合をもつ構造になる。 その後、エタノールと付加反応により、酢酸エチルを生じる。			
問4	蒸発した気体を冷やして液体に戻すため。			
問5	選択肢 よく乾燥した			
	反応① (エステル化) は可逆反応なので、水があると平衡が左に傾き、エステル化が進みにくくなり収率が下がるから。			
問6	$\text{CH}_3\text{COOH} + \text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{CH}_3\text{COONa} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$			
問7	酢酸エチルとエタノールの沸点が近いので、蒸留で分けることができないから。			
問8	(ウ) 水素	構造式 		
	(エ) メチル基			
問9	温度が下がると気体が発生しなくなり、フラスコ内の圧力が低下するため。			
問10	(オ) b	(カ) d	(キ) h	(ク) ジエチルエーテル
問11	(ケ) 100 - x	(コ) 18	(サ) 20	(シ) 96
	(ス) 4	(セ) 24	(ソ) 1	
問12	$\text{CH}_3\text{CO}^{18}\text{OH} + \text{C}_2\text{H}_5\text{OH} \begin{cases} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5 + \text{H}_2^{18}\text{O} \\ \rightarrow \text{CH}_3\text{CO}^{18}\text{OC}_2\text{H}_5 + \text{H}_2\text{O} \end{cases}$ $20 \times (24/25) + 18 \times (1/25) = 19.92$ <p style="text-align: center;"><u>19.9</u></p>			