

第1講

純物質と混合物・単体と化合物

基礎学習

1 純物質と混合物

水や塩化ナトリウム、窒素、二酸化炭素のように1種類の物質だけからなるものを**純物質**という。これに対して、海水や空気のように2種類以上の物質が混じり合っているものを**混合物**という。

純物質は**沸点**、**融点**、**密度**などの性質が決まっているが、**混合物**は混じっている物質の種類や割合により、これらの性質が変わってくる。

物質は混合物と純物質に分類できるが、純物質は、さらに**単体**と**化合物**に分類できる。**単体**は、水素 H_2 や酸素 O_2 のように1種類の元素だけからできている**純物質**である。**化合物**は、水 H_2O や塩化ナトリウム $NaCl$ のように2種類以上の元素からできている**純物質**である。

物質	混合物	《例》海水、空気、塩酸、食塩水
		純物質
《例》 H_2O 、 $NaCl$ 、 CO_2		

2 混合物の分離・精製

混合物から物質を分けて取り出す操作を**分離**という。また、分離した物質の純度を高める操作を**精製**という。これらの操作には、次のようなものがある。

- **蒸留**…物質を**沸点**の差を利用して分ける操作。加熱して**沸点**が低い物質を先に**蒸発**させ、それを冷却して液体に戻す(図1)。
- **ろ過**…液体とそれに溶けない固体をろ紙などを用いて分ける操作(図2)。
- **抽出**…物質の溶媒への溶けやすさの違いを利用して、特定の物質だけを溶媒中に溶かし出して分離する操作。
- **再結晶**…温度による固体の溶解度の違いを利用した分離操作。不純物を含む固体を高温の溶媒に溶かし、冷却して出てきた結晶をろ過する。
- **昇華**…固体が液体を経ずに気体になる変化を**昇華**という。ヨウ素など**昇華**しやすい物質を他の固体から分けるときに使う(図3)。
- **クロマトグラフィー**…液体や気体を流して混合物を移動させ、吸着しやすさの違いにより物質を分離する操作。例えば、色素の混合物をろ紙につけ、ろ紙の下端を液体に浸すと、液体がろ紙を上昇するとともに色素が分離される。

point

↔ 沸点の異なる2種類以上の液体の混合物を、蒸留によって分離する操作を、分別蒸留または分留という。

図1 蒸留

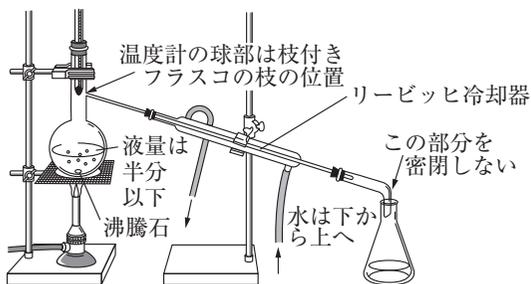
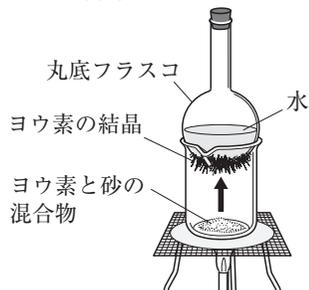


図2 ろ過



図3 昇華



3 同素体

同じ元素の単体でも、性質の異なる物質が2種類以上存在する場合があります。これらの物質は互いに同素体とよばれ、次のような例がある。

硫黄 S ……斜方硫黄と単斜硫黄とゴム状硫黄

炭素 C ……ダイヤモンドと黒鉛(またはグラファイト)とフラーレン

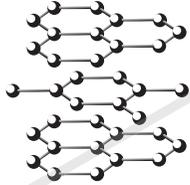
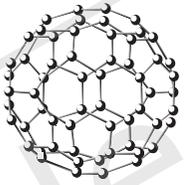
酸素 O ……酸素 O₂ とオゾン O₃

リン P ……赤リンと黄リン

point

↔この4種類の元素は、スコップ(SCOP)と覚えよう。

炭素の同素体

同素体	ダイヤモンド	黒鉛(グラファイト)	フラーレン(C ₆₀ , C ₇₀)
密度(g/cm ³)	3.51	2.27	1.68
色	無色・透明	灰黒色	茶褐色
電気伝導性	なし	あり	なし
結晶構造			

4 成分元素の検出

ナトリウム Na やカリウム K などの元素を含む化合物をガスバーナーの炎の中に入れると、その元素に特有な炎の色が見られる。これを炎色反応といい、成分元素を検出する手がかりとなる。

塩化ナトリウムの水溶液を白金線の先につけ、ガスバーナーの炎の中に入れると、炎の色が黄色になる。このことから、塩化ナトリウムには成分元素として、ナトリウム Na が含まれていることがわかる。

元素	Li	Na	K	Ca	Sr	Ba	Cu
色	赤	黄	赤紫	橙赤	深赤	黄緑	青緑

塩化ナトリウム NaCl 水溶液に硝酸銀 AgNO₃ 水溶液を加えると、塩化銀 AgCl の白色沈殿が生じる。これは、塩化ナトリウムには成分元素として、塩素 Cl が含まれていることを示している。

炭酸水素ナトリウム NaHCO₃ に塩酸(塩化水素 HCl の水溶液)を加え、発生した気体を石灰水(水酸化カルシウム Ca(OH)₂ の水溶液)に通じると、炭酸カルシウム CaCO₃ が生じて白く濁る。このことから、この反応で発生した気体は二酸化炭素 CO₂ であり、炭酸水素ナトリウムには炭素 C が含まれていることがわかる。

また、炭酸水素ナトリウムを加熱した後の試験管の内壁には無色の液体が付着している。この液体を硫酸銅(II)無水物 CuSO₄ の白色結晶に触れさせると、硫酸銅(II)五水和物 CuSO₄・5H₂O となり青色に変化する。このことから、この液体は水 H₂O であることがわかり、炭酸水素ナトリウムには水素 H が含まれていることがわかる。

>>> 確 認 問 題 <<<

1 次の文章を読み、(ア)~(エ)に最も適する語句を答えよ。

空気や土といった2種類以上の物質からなるものは(ア)とよばれる。(ア)は種々の手段により分離することができ、分離によって得られた単一な物質を(イ)という。例えば、水は(イ)であるが、これを電気分解すれば水素と酸素が生じる。ここで生じた水素と酸素は、これ以上の成分に分けることはできない。このような1種類の成分だけからできている物質を(ウ)という。一方、水のように2種類以上の成分が一定の割合で結びついてできる(イ)を化合物という。化合物や(ウ)を構成する基本的な成分を元素といい、現在100種類余りが知られている。同一の元素が、原子の配列または結合の仕方の異なる種々の(ウ)として存在する場合、これらの(ウ)を(エ)とよぶ。この代表的な例は、ダイヤモンドと黒鉛であり、いずれも炭素からできている(エ)である。

2 次の文章を読み、(ア)~(カ)に最も適する語句を答えよ。

混合物を分離して、純度を高める操作を一般に(ア)という。

ある固体が溶け込んだ液体の混合物を加熱すると、沸点の低い方の成分が先に(イ)するので、この蒸気を冷却して分離する方法を(ウ)という。また、沸点の異なる2種類以上の液体の混合物を沸点の差でそれぞれの液体に分離する方法を(エ)とよぶ。

一方、固体の混合物の混合物を分離するときは、その固体をある溶媒に溶かして(オ)の差を利用する。この方法で固体の混合物の物質から純物質を得る方法を(カ)という。

3 下表に示す元素には同素体がいっくつか存在する。表中の(ア)~(エ)に適する物質名を答えよ。

元素	硫黄：S	炭素：C	酸素：O	リン：P
同素体	斜方硫黄 (ア)	ダイヤモンド (イ)	酸素 (ウ)	黄リン (エ)
	ゴム状硫黄	フラーレン		

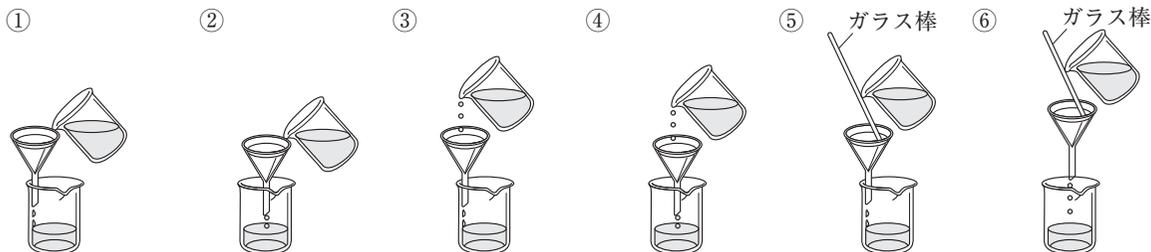
4 成分元素に関する次の文章を読み、(ア)~(ウ)に最も適する元素名と元素記号を答えよ。

食塩水に硝酸銀水溶液を加えると白濁した。この結果から、食塩水の中には成分元素として(ア)が含まれていたことがわかる。

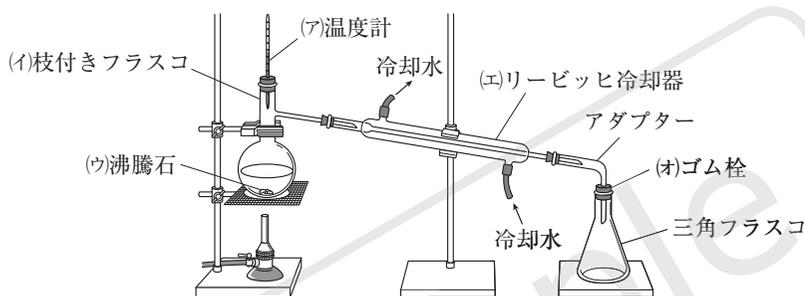
炭酸水素ナトリウムに塩酸を加えて発生した気体を、石灰水(水酸化カルシウム水溶液)に通じると白濁した。この結果から、炭酸水素ナトリウムの中には成分元素として(イ)が含まれていたことがわかる。

また、炭酸水素ナトリウムを熱分解すると試験管の口に液体が生じた。この液体を無水硫酸銅(II)に触れさせると、白色から青色に変化した。この結果から、炭酸水素ナトリウムの中には成分元素として(ウ)が含まれていたことがわかる。

5 砂が混じっている塩化ナトリウム水溶液から、ろ過により砂を除く方法を示した図として最も適当なものを、次の①～⑥から一つ選べ。ただし、図ではろうと台などを省略している。



6 蒸留を行うために、図のような装置を組立てたが、不適切な箇所がある。その内容を記した文を、次の①～⑤から一つ選べ。



- ① 温度計(ア)の球部を、枝付きフラスコの枝の付け根あたりに合わせている。
- ② 枝付きフラスコ(イ)に入れる液体の量を、フラスコの半分以下にしている。
- ③ 沸騰石(ウ)を、枝付きフラスコの中に入れてある。
- ④ リービッヒ冷却器(エ)の冷却水を、下部から入り上部から出る向きに流している。
- ⑤ ゴム栓(オ)で、アダプターと三角フラスコとの間をしっかりと密閉している。

7 次の物質を(ア)混合物と(イ)単体と(ウ)化合物に分けよ。

- ① 木 ② 酸素 ③ 海水 ④ 水
- ⑤ 塩化ナトリウム ⑥ 窒素

8 次の文中と表中の(ア)～(キ)に当てはまる語句を答えよ。

ナトリウムやカリウムなどの元素を含む化合物をガスバーナーの炎の中に入れると、その元素に特有な炎の色が見られる。これを(ア)といい、元素を検出する手掛かりとなる。

以下は(ア)の元素と色を示した表である。

元素	Li	(ウ)	K	Ca	Sr	Ba	Cu
色	(イ)	黄	(エ)	(オ)	深赤	(カ)	青緑

塩化ナトリウム水溶液を白金線につけガスバーナーの炎の中に入れると(キ)色になる。

基本問題

1 物質を次のように分類した。これについて、後の(1)、(2)に答えよ。

物質 $\left\{ \begin{array}{l} [\text{①}] \cdots \cdots [\text{②}] \text{が混じり合ったもの} \quad \langle \text{例} \rangle [\text{⑤}] \\ [\text{②}] \left\{ \begin{array}{l} [\text{③}] \cdots \cdots 1 \text{種類} \text{の元素からなる物質} \quad \langle \text{例} \rangle [\text{⑥}] \\ [\text{④}] \cdots \cdots 2 \text{種類以上} \text{の元素からなる物質} \quad \langle \text{例} \rangle [\text{⑦}] \end{array} \right. \end{array} \right.$

- (1) ①～④に当てはまる語句を次のA～Dから一つずつ選べ。
 A 純物質 B 混合物 C 化合物 D 単体
- (2) ⑤～⑦に当てはまる物質を次のE～Gから一つずつ選べ。
 E 酸素 F 空気 G 二酸化炭素

2 次の(1)～(4)の混合物から下線部の物質を分離する方法を〔I〕から、その原理を〔II〕からそれぞれ一つずつ選べ。ただし、同じものを繰り返し選んではいけない。

- (1) 植物の葉の中の葉緑素
 (2) 硫酸バリウムが沈殿している水
 (3) 少量の硫酸銅(II)を含む硝酸カリウム
 (4) 赤ワイン中のエタノール(アルコールの一種)

- 〔I〕 A 蒸留 B ろ過 C 再結晶 D 抽出
- 〔II〕 E 沸点の差を利用
 F 粒子の大きさの違いを利用
 G 溶媒に対する溶けやすさを利用
 H 温度による溶解度の違いを利用

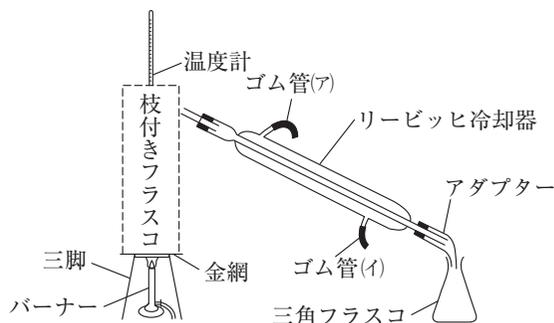
3 次のア～キのうち、互いに同素体であるものはどれか。すべて選べ。

- | | | | |
|---|--------------|---|---------|
| ア | ダイヤモンドとフラーレン | イ | 水と過酸化水素 |
| ウ | 二酸化炭素と一酸化炭素 | エ | 黄リンと赤リン |
| オ | 斜方硫黄とゴム状硫黄 | カ | 水と氷 |
| キ | ネオンとアルゴン | | |

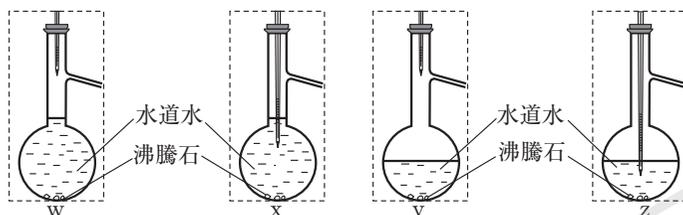
4 次の(1)～(3)に当てはまるものを、それぞれの解答群の①～⑤のうちから一つずつ選べ。

- (1) 純物質であるものの組合せ
 ① 空気, 水 ② 木材, 鉄板 ③ プロパン, ガソリン
 ④ ショ糖, 塩化ナトリウム ⑤ しょう油, 食酢
- (2) 単体であるものの組合せ
 ① メタン, ネオン ② 窒素, アンモニア ③ 水, メタノール
 ④ ヨウ素, ドライアイス ⑤ 銀, 水銀
- (3) 互いに同素体であるもの
 ① ヘリウム, アルゴン ② 一酸化炭素, 二酸化炭素 ③ オゾン, 酸素
 ④ メタノール, エタノール ⑤ ダイヤモンド, 水晶

5 水道水から蒸留によって純粋な水をつくるために、右図のような装置を組立てた。(1)リービッヒ冷却器に水を流す方向と、(2)枝付きフラスコに入れる水道水の量と温度計球部の位置についての組合わせとして最も適当なものを、あとの〔解答群〕の①～⑧から一つ選べ。なお、支持器具は省略してある。



- (1) a 水をゴム管(ア)からゴム管(イ)の方向に流す。
 b 水をゴム管(イ)からゴム管(ア)の方向に流す。
 (2) 図中の破線の部分



〔解答群〕

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
(1)	a	a	a	a	b	b	b	b
(2)	w	x	y	z	w	x	y	z

6 次の各記述で正しいものを選べ。

- ア 黒鉛には電気伝導性がない。
 イ 単斜硫黄を放置すると、安定した斜方硫黄になる。
 ウ 赤リンは空气中で自然発火する。

7 次の(1)～(4)の組み合わせのうち、それぞれの水溶液に対して、炎色反応で区別できないのはどれか。すべて選べ。

- (1) 炭酸水素ナトリウムと塩化ナトリウム
 (2) 塩化ナトリウムと塩化バリウム
 (3) 塩化マグネシウムと塩化アルミニウム
 (4) 塩化カルシウムと硝酸ナトリウム

8 次の実験で確認される元素の元素記号を答えよ。

- (1) 水溶液に硝酸銀水溶液を加えると白濁した。
 (2) 酸素と反応させて生じた気体を石灰水に通すと石灰水が白濁した。
 (3) 水溶液にひたした白金線を炎にいれると、炎は黄緑になった。
 (4) 酸素と反応させて生じた液体を硫酸銅(Ⅱ)無水物に触れさせると青色になった。

演 習 問 題

1 純物質・混合物に関する記述として誤りを含むものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

- ① ドライアイスは純物質である。
- ② 塩化ナトリウムは純物質である。
- ③ 塩酸は混合物である。
- ④ 互いに同素体である酸素とオゾンからなる気体は、純物質である。

2 試料に含まれる元素の種類を調べる実験を行い、次の結果 a～c を得た。それぞれの実験結果によって確認された元素の組合せとして最も適当なものを、右表の①～⑧のうちから一つ選べ。

a 試料の水溶液を白金線につけてガスバーナーの外炎に入れると、炎が赤色になった。

b 試料の水溶液に硝酸銀水溶液を加えると、白色の沈殿が生じた。

c 十分に乾燥した試料の粉末を酸化銅(Ⅱ)の粉末とともに試験管の中で加熱すると、管口付近に液体が付着した。この液体を硫酸銅(Ⅱ)無水物の白色粉末に加えると、粉末が青色に変化した。

	a	b	c
①	リチウム	塩素	水素
②	リチウム	塩素	炭素
③	リチウム	カルシウム	水素
④	リチウム	カルシウム	炭素
⑤	銅	塩素	水素
⑥	銅	塩素	炭素
⑦	銅	カルシウム	水素
⑧	銅	カルシウム	炭素

3 元素名と単体名とは同じものが多い。下線部が、単体ではなく、元素の意味に用いられているものを、次の記述①～⑤のうちから一つ選べ。

- ① アルミニウムはボーキサイトを原料としてつくられる。
- ② アンモニアは窒素と水素から合成される。
- ③ 競技の優勝者に金のメダルが与えられた。
- ④ 負傷者が酸素吸入を受けながら、救急車で運ばれていった。
- ⑤ カルシウムは歯や骨に多く含まれている。

4 次の実験操作ア～ウを行い、硫黄の同素体をつくった。各実験操作で生じた硫黄の同素体の組合せとして最も適当なものを、あとの表の①～⑥のうちから一つ選べ。

ア 硫黄を二硫化炭素に溶解し、その二硫化炭素を蒸発させたところ、八面体の結晶が析出した。

イ 硫黄を弱火で加熱し融解させ、黄色のさらった液体をろ紙に流し出し、表面が固まり出したところでろ紙を広げると、針状の結晶が得られた。

ウ 硫黄を加熱し、沸騰したところで、その液体をすぐに冷水中に注ぐと、黄～褐色の固体が得られた。

	①	②	③	④	⑤	⑥
ア	斜方硫黄	斜方硫黄	ゴム状硫黄	ゴム状硫黄	単斜硫黄	単斜硫黄
イ	単斜硫黄	ゴム状硫黄	斜方硫黄	単斜硫黄	ゴム状硫黄	斜方硫黄
ウ	ゴム状硫黄	単斜硫黄	単斜硫黄	斜方硫黄	斜方硫黄	ゴム状硫黄

5 次の①～⑥の物質の分離方法について、あとの問いに答えよ。

- ① 温度による固体の溶解度の差を利用し、分離させる方法。
- ② 物体を沸点の差を利用して分ける方法。
- ③ 混合物を加熱し、固体から直接気体になる成分を気体にし、さらにその気体を冷却し分離する方法。
- ④ 液体や気体を流して混合物を移動させ、吸着しやすさの違いにより物質を分離する方法。
- ⑤ 液体とそれに溶けない固体をろ紙などを用いて分ける方法。
- ⑥ 物質の溶媒への溶けやすさを利用して、特定の物質だけを溶媒中に溶かしだして分離する方法。

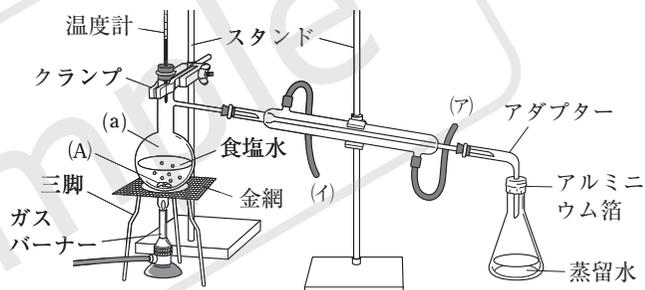
(1) ①～⑥の分離方法を答えよ。

(2) ①～⑥の実験例を以下の(ア)～(カ)から選べ。

- (ア) 食塩と硝酸カリウムの混合物から硝酸カリウムを取り出す。
- (イ) 茶葉に湯を注いで、茶の成分を取り出す。
- (ウ) 塩化ナトリウムと砂の混合物から砂を分ける。
- (エ) 黒色サインペンの中の色素を分離する。
- (オ) 硫酸銅(Ⅱ)水溶液から水を取り出す。
- (カ) ヨウ素と塩化ナトリウムの混合物からヨウ素を取り出す。

6 図のような装置を使い、食塩水を蒸留した。

- (1) 器具(a)と器具(b)の名称を記せ。
- (2) 水を流す方向は①(ア)→(イ)か②(イ)→(ア)のどちらか。
- (3) (a)の中に入っている(A)の名称と(A)を入れておく理由をそれぞれ答えなさい。
- (4) 温度計はどの物質の沸点を示しているか。
① 食塩水 ② 食塩 ③ 水



- (5) この装置でワイン(主成分：水・エタノール)を蒸留した。約80℃で蒸留したとき、とり出した液体に含まれるエタノール濃度はもとのワインより高いか低いか。なお、エタノールの沸点は78℃である。

7 次の混合物から()内の物質をとり出す方法を選べ。ただし、1つの方法で不可能なら2つ選んで組合わせよ。

- (1) 塩化ナトリウム水溶液(水)
- (2) 塩化ナトリウム水溶液(塩化ナトリウム)
- (3) 砂が混じったヨウ素(ヨウ素)
- (4) 窒素と酸素の混合気体(窒素, 酸素)