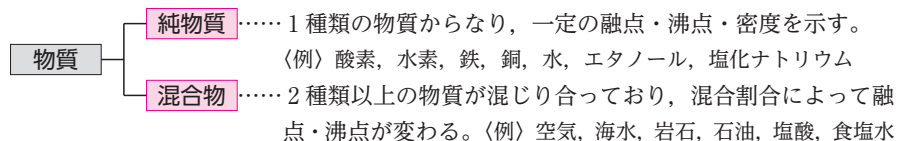


物質の成分と構成元素

1 物質の成分

①混合物と純物質



②混合物の分離・精製

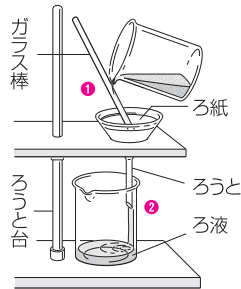
混合物から目的物質を取り出す操作を**分離**、分離された物質をさらに純粋なものにする操作を**精製**という。

方法	操作	例
ろ過	液体中の不溶性物質を、ろ紙を用いて分離	砂を含む水溶液から砂を分離
蒸留	不揮発性の物質が溶けた溶液を加熱して、生じた揮発性の物質を冷却して分離	塩化ナトリウム水溶液から水を分離
分留	沸点の異なる 2 種類以上の液体混合物を加熱して、異なる温度で蒸留して分離	液体空気や石油を加熱して、各成分に分離
昇華法	昇華しやすい固体*を含む混合物を加熱し、昇華して生じた気体を冷却して分離	砂とヨウ素の混合物を加熱し、ヨウ素を昇華させて分離
再結晶	少量の不純物を含む固体を熱水に溶かし、これを冷却して目的の物質を分離	少量の硫酸銅(Ⅱ)五水和物を含む混合物から硝酸カリウムを分離
抽出	混合物に適切な液体(溶媒)を加え、目的物質だけを溶出させて分離	ヨウ素とヨウ化カリウムを含む水溶液からヨウ素を分離
クロマトグラフィー	ろ紙**などに対する吸着力の違いを利用して分離	水性インクをつけたろ紙の先端を水に浸し、各色素に分離

*ドライアイス(固体の二酸化炭素)、ヨウ素、ナフタレンなど

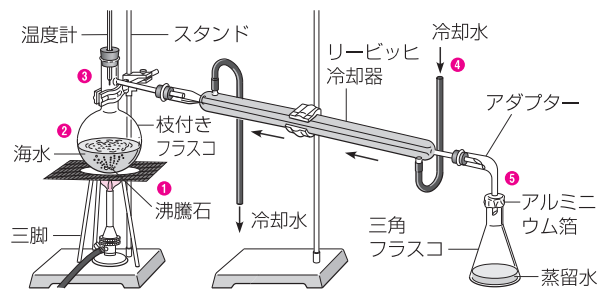
ろ紙を用いる場合は、特にペーパークロマトグラフィー**という。

◆ろ過



- ① ガラス棒に伝わせて注ぐ。
- ② ろうと(足)を内壁につける。

◆蒸留



- ① 突沸(急激な沸騰)を防ぐために加える。
- ② 液量は容量の半分以下。
- ③ 枝に向かう蒸気の温度をはかるため、温度計の球部は枝の付け根付近。
- ④ 冷却水は冷却器の下から上へ。
- ⑤ 密閉しない。

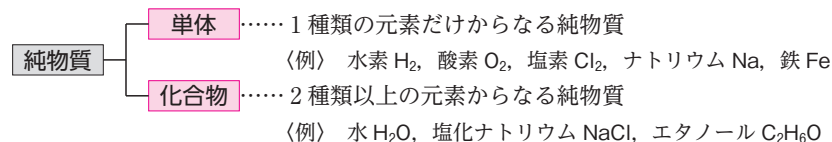
2 物質の構成元素

①元素

物質を構成する基本的な成分。約120種類(約90種類が天然に存在)で、ラテン語名などの頭文字や、それに小文字を書き添えた**元素記号**で表される。

元素名	水素	炭素	窒素	酸素	ナトリウム	硫黄	リン	鉄	銅
元素記号	H	C	N	O	Na	S	P	Fe	Cu

②単体と化合物



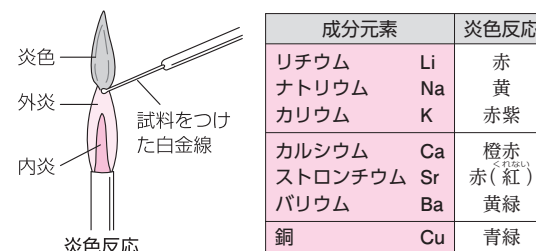
注「元素」と「単体」は同じ名称でよばれることが多い。

③同素体 同じ元素からなる単体で、性質の異なる物質どうし。

構成元素	同素体の例
炭素 C	ダイヤモンド C、黒鉛 C、フラーレン C_{60} 、カーボンナノチューブ C
酸素 O	酸素 O_2 、オゾン O_3
リン P	黄リン P_4 、赤リン P
硫黄 S	斜方硫黄 S_8 、単斜硫黄 S_8 、ゴム状硫黄 S

④構成元素の確認

(a) **炎色反応** 物質を炎の中に入れたとき、成分元素に特有の発色が見られる現象。



成分元素	炎色反応
リチウム Li	赤
ナトリウム Na	黄
カリウム K	赤紫
カルシウム Ca	橙赤
ストロンチウム Sr	赤(紅)
バリウム Ba	黄緑
銅 Cu	青緑

(b) 沈殿の生成や色の変化を伴う反応

元素	方法	結果
炭素 C	二酸化炭素 CO_2 に変えたのち、石灰水(水酸化カルシウム $Ca(OH)_2$ の飽和水溶液)に通じる。	白濁する。 (炭酸カルシウム $CaCO_3$ が生成)
水素 H	水 H_2O に変えたのち、白色の硫酸銅(Ⅱ)無水塩 $CuSO_4$ に触れさせる*。	青色になる。 (硫酸銅(Ⅱ)五水和物 $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ が生成)
塩素 Cl	塩化物イオン Cl^- に変え、硝酸銀 $AgNO_3$ 水溶液を加える。	白色沈殿が生じる。 (塩化銀 $AgCl$ が生成)
硫黄 S	硫化物イオン S^{2-} に変え、酢酸鉛(Ⅱ) $(CH_3COO)_2Pb$ 水溶液を加える。	黒色沈殿が生じる。 (硫化鉛(Ⅱ) PbS が生成)

* H_2O の検出には青色の塩化コバルト紙も利用される。塩化コバルト紙は H_2O を吸収すると、赤変する。

3 状態変化と熱運動

①物質の三態

物質がもつ、固体・液体・気体の3つの状態。温度や圧力によって状態が相互に変化する(状態変化)。状態変化は物理変化である。

②熱運動

物質を構成する粒子の振動や直進などの運動。粒子が空間中に拡がる現象(拡散)は熱運動にもとづく。熱運動は、気体状態で最も激しく、同じ状態であれば、高温ほど激しくなる。

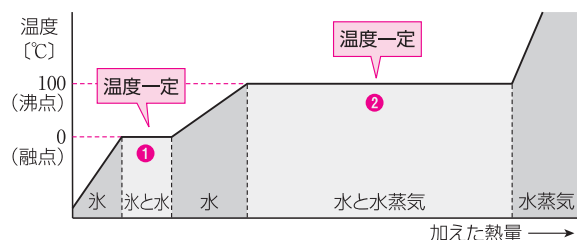
③絶対温度 化学

熱運動のエネルギーの大きさを表す尺度。単位はケルビン[K]。

絶対零度：熱運動が停止するとみなされる温度。これよりも低い温度は存在しない。

④水の状態変化

$1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ で一定量の氷に一定量の熱量を加え続けたときの状態変化は次のグラフのようになる。



- ① 加えた熱が構成粒子の配列をくずすために使われるため、すべてが液体になるまで温度は一定に保たれる。
- ② 加えた熱が構成粒子間の引力を振り切るために使われるため、すべてが気体になるまで温度は一定に保たれる。

プロセス 次の文中の()に適当な語句を入れよ。

- ① 物質は、酸素や水のように、1種類の物質からなる(ア)と、空気や海水のように、2種類以上の物質を含む(イ)とに分けられる。
- ② 物質を構成する基本的な成分を(ウ)といい、約120種類がある。純物質は、1種類の(ウ)からなる(エ)と、2種類以上の(ウ)からなる(オ)に分類される。
- ③ 物質を炎の中に入れたとき、構成元素に特有の発色が見られる現象を(カ)という。
- ④ 物質の構成粒子の振動や直進などの運動を(キ)という。物質が示す固体、液体、気体の3つの状態を物質の(ク)といい、構成粒子の(キ)は(ケ)の状態が最も激しい。

プロセスの解答

(ア) 純物質 (イ) 混合物 (ウ) 元素 (エ) 単体 (オ) 化合物 (カ) 炎色反応 (キ) 熱運動 (ク) 三態 (ケ) 気体

基本例題1 物質の分類と性質

→問題 1・7

次の(ア)～(ク)の物質について、下の各問いに答えよ。

- (ア) 酸素 (イ) 水 (ウ) オゾン (エ) ヨウ素
(オ) 塩酸 (カ) 塩化ナトリウム (キ) 石灰水 (ク) 鉄

- (1) 混合物をすべて選び、記号で答えよ。
- (2) 化合物をすべて選び、記号で答えよ。
- (3) 同素体の関係にある物質を選び、記号で答えよ。
- (4) 純物質のうち、昇華しやすいものを選び、記号で答えよ。

考え方

- (1) 混合物は2種類以上の純物質を含む。水溶液は水と溶けている物質(溶質)の混合物である。
- (2) 化合物は2種類以上の元素からなる純物質である。化学式で表したとき、2種類以上の元素が含まれれば化合物、1種類であれば単体である。
- (3) 同素体は同じ元素からなる単体で、同素体どうしは性質が異なる。
- (4) 純物質は酸素 O_2 、水 H_2O 、オゾン O_3 、ヨウ素 I_2 、塩化ナトリウム NaCl 、鉄 Fe である。

解答

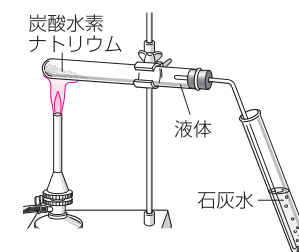
- (1) 塩酸は塩化水素の水溶液、石灰水は水酸化カルシウムの飽和水溶液であり、混合物である。(オ)、(キ)
- (2) 水 H_2O 、塩化ナトリウム NaCl は2種類の元素からなり、化合物である。(イ)、(カ)
- (3) 酸素 O_2 とオゾン O_3 は酸素Oの同素体である。(ア)、(ウ)
- (4) ヨウ素 I_2 は昇華しやすい。(エ)

基本例題2 構成元素の確認

→問題 8・9

炭酸水素ナトリウムを水に溶かし、①炎色反応を調べると、黄色の炎が見られた。また、粉末を②のように加熱し、生じた気体を③石灰水に通じると白濁した。試験管の管口付近の液体を④硫酸銅(Ⅱ)無水塩につけると青くなった。次の各問いに答えよ。

- (1) 下線部①～③の結果から確認できる元素は、それぞれ何か。元素記号で記せ。
- (2) 試験管口を水平よりも上側に位置させると、どのようなことがおこるか。



考え方

- (1) 炎色反応の色で、含まれる元素を推測できる。ナトリウム Na は黄色の炎色反応を示す。②では、石灰水の白濁から、生じた気体が二酸化炭素 CO_2 であり、炭素Cが確認できる。③では、硫酸銅(Ⅱ)無水塩を青変させることから、生じた液体が水 H_2O であり、水素Hが確認できる。
- (2) 試験管口を水平よりも上側にすると、管口付近に生じた水が、熱せられた試験管の底の方に移動し、試験管を破損する恐れがある。そのため、試験管の口は水平よりも下側に位置させる。

解答

- (1) 下線部①：Na
下線部②：C
下線部③：H
- (2) 生じた水が加熱された試験管の底の方へ移動し、試験管を破損する。

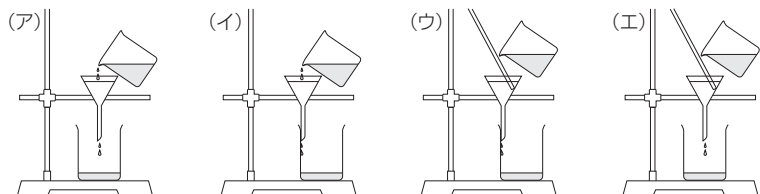
基本問題

【知識】

1. 混合物と単体・化合物 次の(ア)～(ケ)の物質について、下の各問いに答えよ。
- (ア) 塩素 (イ) メタン (ウ) 石油 (エ) ネオン (オ) 鉄
(カ) 黒鉛 (キ) 塩化水素 (ク) 硝酸カリウム (ケ) 塩酸
- (1) 混合物をすべて選び、記号で記せ。
- (2) 純物質のうち、単体、化合物をそれぞれすべて選び、記号で記せ。

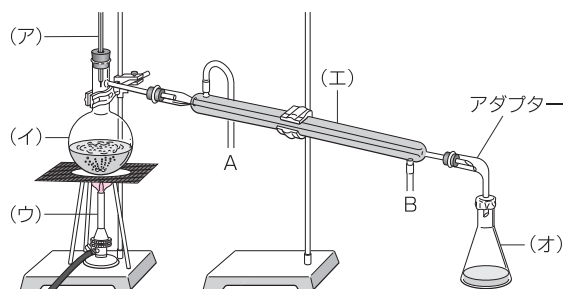
【知識】 【実験】

2. ろ過 ろ過の方法で最も適当なものを、次の(ア)～(エ)のうちから選べ。



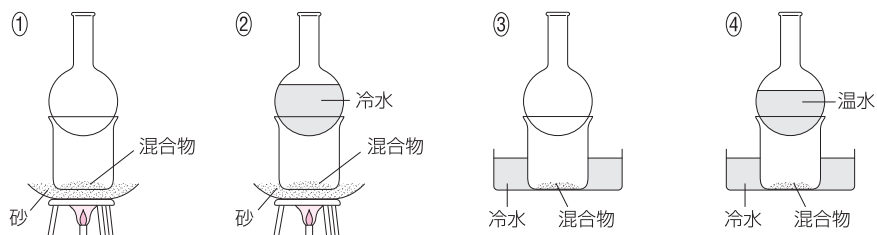
【思考】 【実験】 【論述】

3. 蒸留 図は、塩化ナトリウム水溶液を蒸留するための実験装置である。次の各問いに答えよ。
- (1) 図中の(ア)～(オ)の器具の名称を記せ。
- (2) 冷却水はどちら側から流し入れるか。AまたはBの記号で答えよ。
- (3) 器具(イ)の底には沸騰石が加えてある。加える理由を10字程度で記せ。
- (4) 器具(ア)の下端を器具(イ)の枝のつけ根の高さに位置させる理由を簡潔に述べよ。



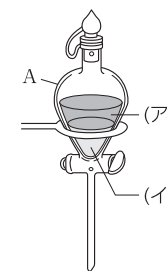
【知識】 【実験】

4. 昇華法 ガラスの破片が混じったヨウ素から、ヨウ素の昇華性を利用して、できるだけ多くのヨウ素を集めたい。最も適当な分離法を、次の①～④のうちから1つ選べ。



【思考】 【実験】

5. ヨウ素の分離 無色のヨウ化カリウム水溶液にヨウ素を溶かすと、褐色の溶液になる。この溶液を図のガラス器具に入れ、水と溶け合わないヘキサン(密度 0.65 g/cm^3 の無色の液体)を加えてよく振り静置すると、図のように上層が赤紫色、下層がうすい褐色になった。ただし、この操作でヨウ化カリウムは水溶液から移動しない。
- (1) この分離操作の名称と、ガラス器具Aの名称を記せ。
- (2) ヘキサン層は、図中の(ア)、(イ)のいずれか。
- (3) ヨウ素は、ヨウ化カリウム水溶液とヘキサンのいずれにより溶けやすいか。



【思考】

6. 混合物の分離 次の(1)～(5)に関連する分離法を、下の①～⑥から選べ。
- (1) 少量の硫酸銅(Ⅱ)五水和物を含む硝酸カリウムから、硝酸カリウムの結晶だけを取り出す。
- (2) 液体空気のを徐々に上げていき、窒素だけを気体として取り出す。
- (3) 水性サインペンのインクをろ紙につけたのち、ろ紙の先端を水に浸し、インクに含まれる色素を分離する。
- (4) 塩化銀の沈殿を含む水溶液から、塩化銀を取り出す。
- (5) 茶葉に熱湯を加え、お茶に含まれる成分を湯に溶かし出す。
- (分離法) ① ろ過 ② 再結晶 ③ クロマトグラフィー
④ 分留 ⑤ 昇華法 ⑥ 抽出

【知識】

7. 同素体 互いに同素体の関係にある組み合わせを、次のうちから2つ選べ。
- (ア) ネオンとアルゴン (イ) 一酸化炭素と二酸化炭素 (ウ) 黄リンと赤リン
(エ) 氷と水蒸気 (オ) 斜方硫黄と単斜硫黄 (カ) 鉛と亜鉛

【知識】

8. 炎色反応 次の(ア)～(エ)の各元素の炎色反応の色を下から選び、番号で答えよ。
- (ア) リチウム Li (イ) カルシウム Ca (ウ) カリウム K (エ) 銅 Cu
- ① 黄色 ② 青緑色 ③ 橙赤色 ④ 赤紫色 ⑤ 赤色

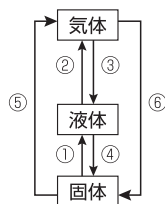
【思考】

9. 構成元素の確認 次の(a), (b)の文を読み、化合物XおよびYに含まれる元素をそれぞれ下から選べ。
- (a) ある化合物Xの水溶液の炎色反応を調べると、黄緑色を呈した。次に、この水溶液に硝酸銀水溶液を加えると、白色沈殿を生じた。
- (b) ある化合物Yを加熱すると、無色の気体と無色の液体を生じ、白色の固体が残った。気体は石灰水を白濁し、液体は青色の塩化コバルト紙を赤変させた。また、白色の固体を水に溶かし、炎色反応を調べると、黄色を呈した。
- (元素) H C Na S Cl K Ca Ba

知識

10. 物質の三態と状態変化 図は、物質の三態と三態間の変化を示したものである。次の各問いに答えよ。

- ①～⑥の状態変化の名称をそれぞれ記せ。
- ⑤、⑥の状態変化をしやすい物質の物質名を1つ記せ。
- 同じ質量、同じ圧力下にある固体・液体・気体のうち、密度が最も小さい状態はどれか。



思考

11. 三態間の変化 次の各記述の下線部と状態変化の名称の組み合わせで、正しいものをすべて選べ。

- (ア) 池にはった氷が、昼にはなくなっていた。 — 昇華
 (イ) 戸外に干しておいた洗濯物が乾いた。 — 蒸発
 (ウ) アイスcreamの箱の中に入れておいたドライアイスがなくなった。 — 融解
 (エ) 熱いお茶を飲もうとしたら、眼鏡が曇った。 — 凝縮
 (オ) 冷凍庫の製氷皿に水でぬれた指で触れると、指がくっついた。 — 凝固

知識

12. 熱運動 次の文中の()に適切な語句、記号を入れよ。

粒子の振動や直進などの運動を(ア)という。固体、液体、気体のいずれの状態でも構成粒子は(ア)をしており、(ア)の激しさは(イ)の状態が最も激しい。構成粒子が、(ア)によって空間に拡がっていく現象を(ウ)という。

知識

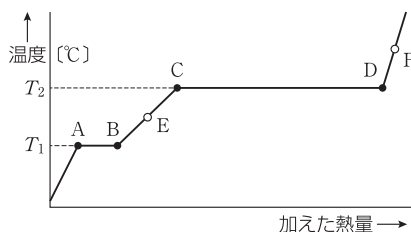
13. 熱運動と状態変化 次の各記述について、誤りを含むものを2つ選べ。

- 物質中の粒子がもつ熱運動のエネルギーは、温度が高くなるほど大きくなる。
- 一定温度では、物質中の粒子がもつ熱運動のエネルギーはすべて同じである。
- 固体の粒子は熱運動していないため、その位置が変わらない。
- 液体の粒子は互いに引き合いながら運動し、位置を変えるため、形が一定しない。
- 気体の粒子は激しく熱運動をし、粒子間の距離が長いから、引力があまり働かない。

思考 グラフ 論述

14. 状態変化と熱量 図は、ある量の氷を大気圧(1.013×10⁵Pa)下で加熱し続けたときの、加えた熱量と温度の関係を示したものである。次の各問いに答えよ。

- AB, BC および CD 間での物質の状態を氷、水、水蒸気の語句を用いて記せ。
- 温度 T_1 , T_2 をそれぞれ何というか。
- AB 間で温度が上昇していないのはなぜか。簡潔に記せ。
- E 点と F 点では、どちらの体積が大きいか。



発展例題1 元素と単体

→問題16

次の文中の下線部は、「元素」、「単体」のいずれの意味で用いられているか。

- 酸素は、水に溶けにくい。
- 食塩(塩化ナトリウム)には、ナトリウムと塩素が含まれている。
- 植物の生育には、窒素が欠かせない。
- 黄リンも赤リンも、リンの同素体である。
- 水を電気分解すると、水素と酸素を生じる。

考え方

元素と単体は同じ名称でよばれることが多い。「元素」は物質の構成成分を表し、具体的な性質を示さない。一方、「単体」は1種類の元素からなる物質を表し、具体的な性質を示す。

解答

(1)の酸素は、「水に溶けにくい」という具体的な性質を示すので、単体の酸素 O₂ を表す。(2)のナトリウム、(3)の窒素、(4)のリンは、それぞれ成分元素としてのナトリウム、窒素、リンを表す。(5)の酸素は、水の電気分解によって得られる単体の酸素を意味する。

- (1) 単体 (2) 元素 (3) 元素 (4) 元素 (5) 単体

発展問題

知識

15. 混合物の分離 物質を分離する操作に関する記述として下線部が正しいものを、次の①～⑤のうちから1つ選べ。

- 溶媒に対する溶けやすさの差を利用して、混合物から特定の物質を溶媒に溶かして分離する操作を抽出という。
- 沸点の差を利用して、液体の混合物から成分を分離する操作を昇華法という。
- 固体と液体の混合物から、ろ紙などを用いて固体を分離する操作を再結晶という。
- 不純物を含む固体を溶媒に溶かし、温度によって溶解度が異なることを利用して、より純粋な物質を析出させ分離する操作をろ過という。
- 固体の混合物を加熱して、固体から直接気体になる成分を冷却して分離する操作を蒸留という。

(16 センター試験)

思考

16. 元素と単体 次の記述(ア)～(カ)のうち、下線部が元素ではなく単体のことを示しているものをすべて選び、記号で記せ。

- (ア) 魚は水中の酸素を取り入れて呼吸している。
 (イ) 水には、水素と酸素が含まれている。
 (ウ) 水を電気分解すると、水素と酸素が得られる。
 (エ) 酸素の融点は-218℃である。
 (オ) 酸素とオゾンとは、酸素の同素体である。
 (カ) 負傷者が酸素吸入されながら、救急ヘリで運ばれた。

(20 日本医療科学大 改)