

## 4章 遷移元素の単体と化合物

### 2節 金属イオンの分離・確認 教科書 p266-270

#### 金属イオンの反応

重要! 重要! 重要!

★塩化物イオン  $\text{Cl}^- \cdots ( ) \cdot ( ) \cdot (\text{Hg}_2^{2+})$

$\text{Ag}^+ \rightarrow \text{AgCl}$ (白色) $\text{Pb}^{2+} \rightarrow \text{PbCl}_2$ (白色) $(\text{Hg}_2^{2+} \rightarrow \text{Hg}_2\text{Cl}_2)$	銀(Ag)のなま(Pb)はげ(Hg) ※ $\text{PbCl}_2$ のみ熱水に溶ける
--	--

★硫酸イオン  $\text{SO}_4^{2-} \cdots ( ) \cdot ( ) \cdot (\text{Sr}^{2+}) \cdot ( )$

$\text{Ba}^{2+} \rightarrow \text{BaSO}_4$ (白色) $\text{Ca}^{2+} \rightarrow \text{CaSO}_4$ (白色) $(\text{Sr}^{2+} \rightarrow \text{SrSO}_4)$ $\text{Pb}^{2+} \rightarrow \text{PbSO}_4$ (白色)	ば(Ba)か( Ca)にする(Sr)な(Pb)硫酸 ※Ba, Ca, Sr はアルカリ土類金属
---	--

★炭酸イオン  $\text{CO}_3^{2-} \cdots$  アルカリ金属イオン( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ )や  $\text{NH}_4^+$ を除くほとんどのイオンが沈殿する。

$\text{Ba}^{2+} \rightarrow \text{BaCO}_3$ (白色) $\text{Ca}^{2+} \rightarrow \text{CaCO}_3$ (白色) $\text{Ag}^+ \rightarrow \text{Ag}_2\text{CO}_3$ (淡黄色)	特になし
--	------

★クロム酸イオン  $\text{CrO}_4^{2-} \cdots ( ) \cdot ( ) \cdot ( )$

$\text{Ag}^+ \rightarrow \text{Ag}_2\text{CrO}_4$ (赤褐色) $\text{Pb}^{2+} \rightarrow \text{PbCrO}_4$ (黄色) $\text{Ba}^{2+} \rightarrow \text{BaCrO}_4$ (黄色)	苦勞( $\text{CrO}_4^{2-}$ )して赤い銀貨(Ag)で黄色い バ(Ba)ナナ(Pb)を買う
---	---

★硫化物イオン  $\text{S}^{2-}$

Li	K	Ca	Na	Mg	Al	Zn	Fe	Ni	Sn	Pb	Cu	Hg	Ag	Pt	Au
×						ZnS	FeS	NiS	SnS	PbS	CuS	HgS	Ag <sub>2</sub> S	×	
						白	黒	黒	黒	黒	黒	黒	黒		
						中性・塩基性で沈殿			溶液が何性でも沈殿						

★ほぼ沈殿しないイオン

アルカリ金属イオン( $\text{Na}^+$ , $\text{K}^+$ ), $\text{NH}_4^+$ , $\text{NO}_3^-$ , $\text{CH}_3\text{COO}^-$
--

★水酸化物イオン  $\text{OH}^-$

金属イオン	$\text{OH}^-$ による沈殿	過剰の $\text{NH}_3$ 水を加える	過剰の $\text{NaOH}$ 水溶液を加える
$\text{Ag}^+$	$\text{Ag}_2\text{O}$ 褐色	$[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$	不溶
$\text{Cu}^{2+}$ 青色	$\text{Cu}(\text{OH})_2$ 青白色	$[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ 深青色	
$\text{Zn}^{2+}$	$\text{Zn}(\text{OH})_2$	$[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$	不溶
$\text{Al}^{3+}$	$\text{Al}(\text{OH})_3$ 白色	不溶	
$\text{Pb}^{2+}$	$\text{Pb}(\text{OH})_2$		
$\text{Fe}^{3+}$ 黄褐色	$\text{Fe}(\text{OH})_3$ 赤褐色	不溶	
$\text{Fe}^{2+}$ 淡緑色	$\text{Fe}(\text{OH})_2$ 緑白色		

★金属イオンの検出と確認 (図説 p196-197 と対応しています。図説で色を確認しながら覚えよう！)

金属イオン		Ag <sup>+</sup> 無色	Cu <sup>2+</sup> 青色	Pb <sup>2+</sup> 無色	Fe <sup>2+</sup> 淡緑色	Fe <sup>3+</sup> 黄褐色	Zn <sup>2+</sup> 無色	Al <sup>3+</sup> 無色
NaOHaq	少量	Ag <sub>2</sub> O 褐色沈殿	Cu(OH) <sub>2</sub> 青白色沈殿	Pb(OH) <sub>2</sub> 白色沈殿	Fe(OH) <sub>2</sub> 緑白色沈殿	Fe(OH) <sub>3</sub> 赤褐色沈殿	Zn(OH) <sub>2</sub> 白色沈殿	Al(OH) <sub>3</sub> 白色沈殿
	過剰量	Ag <sub>2</sub> O 褐色沈殿	Cu(OH) <sub>2</sub> 青白色沈殿	[Pb(OH) <sub>4</sub> ] <sup>2-</sup> 無色溶液	Fe(OH) <sub>2</sub> 緑白色沈殿	Fe(OH) <sub>3</sub> 赤褐色沈殿	[Zn(OH) <sub>4</sub> ] <sup>2-</sup> 無色溶液	[Al(OH) <sub>4</sub> ] <sup>-</sup> 無色溶液
NH <sub>3</sub> aq	少量	Ag <sub>2</sub> O 褐色沈殿	Cu(OH) <sub>2</sub> 青白色沈殿	Pb(OH) <sub>2</sub> 白色沈殿	Fe(OH) <sub>2</sub> 緑白色沈殿	Fe(OH) <sub>3</sub> 赤褐色沈殿	Zn(OH) <sub>2</sub> 白色沈殿	Al(OH) <sub>3</sub> 白色沈殿
	過剰量	[Ag(NH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ] <sup>+</sup> 無色溶液	[Cu(NH <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> ] <sup>2+</sup> 深青色溶液	Pb(OH) <sub>2</sub> 白色沈殿	Fe(OH) <sub>2</sub> 緑白色沈殿	Fe(OH) <sub>3</sub> 赤褐色沈殿	[Zn(NH <sub>3</sub> ) <sub>4</sub> ] <sup>2+</sup> 無色水溶液	Al(OH) <sub>3</sub> 白色沈殿
H <sub>2</sub> S	酸性	Ag <sub>2</sub> S 黒色沈殿	CuS 黒色沈殿	PbS 黒色沈殿	—	—	—	—
	塩基性	Ag <sub>2</sub> S 黒色沈殿	CuS 黒色沈殿	PbS 黒色沈殿	FeS 黒色沈殿	FeS 黒色沈殿	ZnS 白色沈殿	—

金属イオン		Ag <sup>+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	Pb <sup>2+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>
NaOHaq	少量							
	過剰量							
NH <sub>3</sub> aq	少量							
	過剰量							
H <sub>2</sub> S	酸性							
	塩基性							

金属イオン		Ag <sup>+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	Pb <sup>2+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>
NaOHaq	少量							
	過剰量							
NH <sub>3</sub> aq	少量							
	過剰量							
H <sub>2</sub> S	酸性							
	塩基性							

1 次の各条件にあてはまるイオンを、( )の中から1つずつ選び、イオン式で示せ。

- (1) 水溶液は青色である。(Ba<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, Cu<sup>2+</sup>)  
 (2) 塩化ナトリウム水溶液を加えると白色沈殿を生じる。  
 (Fe<sup>3+</sup>, Ag<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>)  
 (3) 希硫酸を加えると白色沈殿を生じる。(Zn<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, Pb<sup>2+</sup>)  
 (4) 水溶液を白金線につけ、炎の中に入れると赤紫色の炎色を示す。(K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup>)  
 (5) 水酸化ナトリウム水溶液を少量加えると白色沈殿を生じるが、過剰に加えると無色水溶液になる。  
 (Mg<sup>2+</sup>, Al<sup>3+</sup>, Ag<sup>+</sup>)  
 (6) アンモニア水を少量加えると沈殿を生じるが、過剰に加えると沈殿が溶解する。  
 (Al<sup>3+</sup>, Zn<sup>2+</sup>, Pb<sup>2+</sup>)

1		2	
3		4	
5		6	

2 次の各変化を示すイオンを下から選び、記号で答えよ。

- (1) 希塩酸を加えると、白色沈殿を生じる。この水溶液を加熱すると沈殿が溶解する。  
 (2) 少量のアンモニア水を加えると褐色沈殿を生じるが、さらにアンモニア水を加えると、沈殿が溶解する。  
 (3) 水酸化ナトリウム水溶液を加えると青白色沈殿を生じる。この溶液を加熱すると沈殿は黒色に変化する。  
 (4) 水酸化ナトリウム水溶液を加えると緑白色の沈殿を生じるが、時間が経過するにつれて酸化され、沈殿の色は赤褐色に変化する。  
 (ア) Fe<sup>2+</sup> (イ) Zn<sup>2+</sup> (ウ) Al<sup>3+</sup> (エ) Pb<sup>2+</sup> (オ) Cu<sup>2+</sup> (カ) Ag<sup>+</sup>

1	
2	
3	
4	

3 次に示す8つの陽イオンのうち、いずれか1種類を含む5つの水溶液A~Eについて、次の(ア)~(オ)の実験を行った。下の問いに答えよ。

- 陽イオン：K<sup>+</sup>, Ag<sup>+</sup>, Ba<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup>, Fe<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup>, Pb<sup>2+</sup>, Al<sup>3+</sup>  
 実験(ア) うすい硫酸を少量加えるとAとEに沈殿が生じた。  
 実験(イ) アンモニア水を加えるとA~Dに沈殿が生じ、さらに過剰のアンモニア水を加えるとCとDの沈殿が溶解した。  
 実験(ウ) 水酸化ナトリウム水溶液を加えるとA~Dに沈殿が生じ、さらに過剰の水酸化ナトリウム水溶液を加えるとA, B, Dの沈殿が溶解した。  
 実験(エ) 塩酸を加えるとAとCに沈殿が生じた。  
 実験(オ) 炎色反応を行うと、Eが炎色反応を示した。  
 問 水溶液A~Eに含まれる陽イオンをそれぞれ示せ。

A	
B	
C	
D	
E	

# 金属イオンの系統分離

重要!

重要!

重要!

重要!

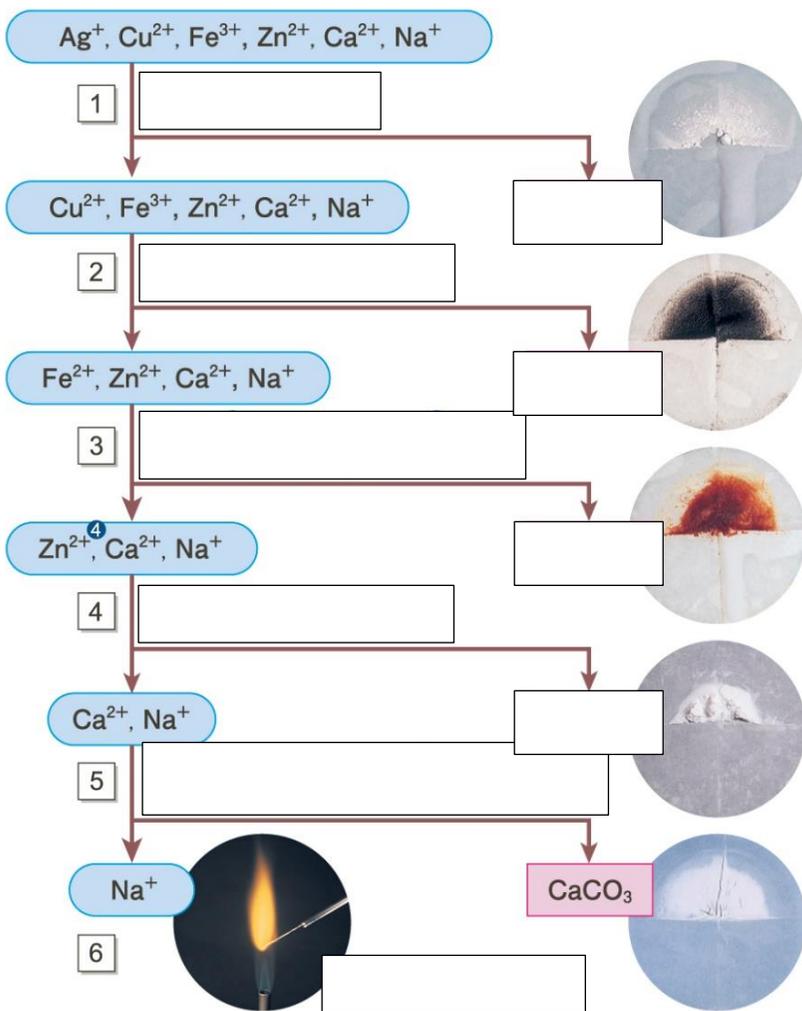
重要!

重要!

重要!

重要!

いくつかの金属イオンを含む混合水溶液から、次のような試薬と操作によって、各金属イオンを分離することができる。分離のために加える試薬を分属試薬という。効率よく金属イオンを分離できるように分属試薬を加えていく。



① 硫化水素は十分に通じ、 $\text{Cu}^{2+}$ を $\text{CuS}$ として完全に沈殿させる。

② 加熱によって水溶液中の硫化水素を追い出す。これは、硫化水素が残っていると、希硝酸を加えたときに酸化され、硫黄の沈殿が生じるためである。

③ 希硝酸を加えるのは、硫化水素で還元されて生じた $\text{Fe}^{2+}$ を酸化して $\text{Fe}^{3+}$ にもどすためである。溶解度がより小さい $\text{Fe}(\text{OH})_3$ として沈殿させることができる。

④  $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ の形で存在する。

⑤ 炭酸アンモニウム水溶液は弱い塩基性を示す。

④ 次の2種類のイオンを含む水溶液から、下線部のイオンだけを沈殿として分離したい。適切な操作を下から選び、記号で答えよ。また、生じる沈殿の化学式を記せ。ただし、(4)については2つ選べ。

- (1) Ag<sup>+</sup>,  $\text{Cu}^{2+}$     (2) Fe<sup>3+</sup>,  $\text{Al}^{3+}$   
 (3) Al<sup>3+</sup>,  $\text{Zn}^{2+}$     (4) Pb<sup>2+</sup>,  $\text{Ba}^{2+}$

## 操作

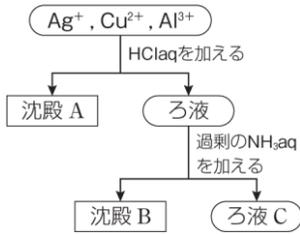
- (ア) 希塩酸を加える。  
 (イ) 十分な量の水酸化ナトリウム水溶液を加える。  
 (ウ) 十分な量のアンモニア水を加える。

	操作	沈殿
1		
2		
3		
4		

5 図のようにして、 $\text{Ag}^+$ 、 $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{Al}^{3+}$ を含む水溶液から、各イオンを分離した。次の各問に答えよ。

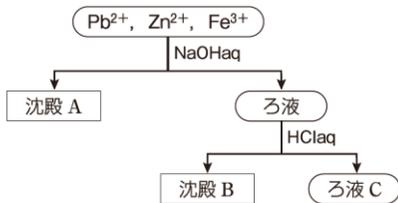
(1) 沈殿 A、B の化学式と色を記せ。

(2) ろ液 C に含まれる錯イオンのイオン式とろ液 C の色を記せ。また、この錯イオンの名称を記せ。



		化学式	色
1	A		
	B		
2	C		
	名称		

6 図は、 $\text{Pb}^{2+}$ 、 $\text{Zn}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{3+}$ を含む酸性の混合水溶液から、各イオンを分離する操作を示したものである。沈殿 A、B の化学式、色、およびろ液 C に含まれる金属イオンのイオン式( $\text{Na}^+$ は除く)と色をそれぞれ示せ。試薬はそれぞれ十分に加えるものとする。



		化学式	色
1	A		
	B		
	C		

7  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Cu}^{2+}$ 、 $\text{Al}^{3+}$ および  $\text{Na}^+$ を含む混合水溶液に適切な試薬を十分に加え、次の手順によって各イオンを分離したい。下の各問いに答えよ。



(1) (a)、(b)で使用する適切な試薬を答えよ。

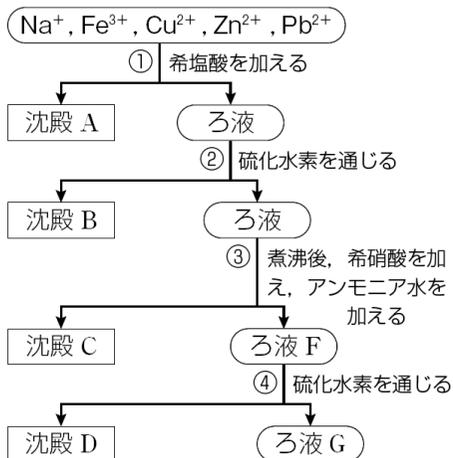
(2) 沈殿(i)~(iii)の化学式と、ろ液(iv)に含まれる金属イオンのイオン式を示せ。

(3) 混合水溶液中に  $\text{Fe}^{3+}$  を含むとき、 $\text{Fe}^{3+}$  は(a)を加えた際にどのように変化するか。イオン反応式で表せ。

1	a	
	b	
2	i	
	ii	
	iii	
	iv	
3		

8  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ を含む水溶液がある。これらを分離するため、図のような操作を行った。次の各問に答えよ。

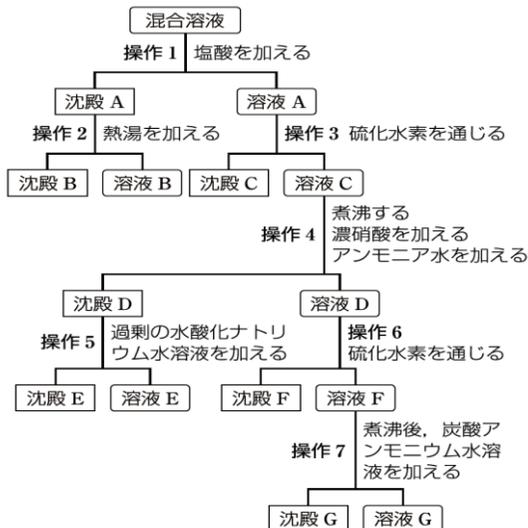
- 沈殿 A～D の化学式と色を記せ。
- ろ液 F に含まれる錯イオンのイオン式と名称を示せ。
- ろ液 G は、何色の炎色反応を示すか。
- 図中③の操作で、希硝酸を加えるのはなぜか。



		化学式	色
1	A		
	B		
	C		
	D		
2	イオン式		
	名称		
3			
4			

9  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Ba}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Al}^{3+}$ の 8 種類のイオンを含む溶液がある。図のような操作を行い、各イオンを分離した。下の各問いに答えよ。

- 沈殿 B, C, E, F, G の化学式と色を答えよ。
- 操作 4 で、溶液 C を煮沸する理由を説明せよ。
- 操作 4 で、濃硝酸を加える理由を説明せよ。
- 溶液 E に含まれる錯イオンの化学式を答えよ。
- はじめの 8 種類のイオンのうち、溶液 G に含まれるイオンの化学式を記せ。また、そのイオンを確認する方法を答えよ。



		化学式	色
1	B		
	C		
	E		
	F		
	G		
2			
3			
4			
5			