

【金属イオンの沈殿形成】

問1 次の文章中の空欄を適当なイオン式、化学式、化学反応式、語句で埋めよ。ただし、《 》にはイオン式を、[]には化学式を、{ }には化学反応式(または、イオン反応式)を、[]には語句を埋めよ。

塩酸を加えると沈殿を形成するイオンには、 Hg_2^{2+} を除くと、イオン化傾向の大きい金属順に、①《 Pb^{2+} 》と《 Ag^+ 》とがある。これらのイオンと塩化物イオンとの間に形成される沈殿の化学式はそれぞれ[PbCl_2]、[AgCl]であり、色はともに[白]色である。

両沈殿のうちより溶解度が大きいのは[PbCl_2]の方であり、この沈殿は熱湯に溶解する。他方は、[NH_3]水に溶解する。その反応式(イオン反応式)は次の通りである。{ $\text{AgCl} + 2\text{NH}_3 \rightarrow [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+ + \text{Cl}^-$ }

下線部①の2つのイオンは、これらのイオンとクロム酸イオン CrO_4^{2-} との間に形成される沈殿の色によっても判別できる。沈殿(クロム酸塩)[PbCrO_4]の色は[黄]色、沈殿(クロム酸塩)[Ag_2CrO_4]の色は[暗赤]色である。ちなみに、 Ba^{2+} イオンとクロム酸イオン CrO_4^{2-} との間に形成される沈殿 BaCrO_4 の色は[黄]色である。

塩化物イオン Cl^- による沈殿の形成と沈殿の溶解

Ag^+ (無色の水溶液)	Pb^{2+} (無色の水溶液)
AgCl (白色の沈殿)	PbCl_2 (白色の沈殿)
NH_3 水に溶解する。	熱湯に溶解する。
日光に当たると黒変する。	——

CrO_4^{2-} による沈殿の形成

Ba^{2+}	Pb^{2+}	Ag^+
BaCrO_4	PbCrO_4	Ag_2CrO_4
黄色		暗赤色

塩化物沈殿の形成、および、塩化物沈殿の再溶解

Cl ⁻ を加えると沈殿を形成するイオン	
沈殿の化学式	
沈殿の色	
沈殿の溶解性	

塩化物沈殿の形成、および、塩化物沈殿の再溶解

Cl ⁻ を加えると沈殿を形成するイオン		
	Ag ⁺	Pb ²⁺
沈殿の化学式	AgCl	PbCl ₂
沈殿の色		
沈殿の溶解性		

塩化物沈殿の形成、および、塩化物沈殿の再溶解

Cl ⁻ を加えると沈殿を形成するイオン		
	Ag ⁺	Pb ²⁺
沈殿の化学式	AgCl	PbCl ₂
沈殿の色	白色	
沈殿の溶解性		

塩化物沈殿の形成、および、塩化物沈殿の再溶解

Cl ⁻ を加えると沈殿を形成するイオン		
	Ag ⁺	Pb ²⁺
沈殿の化学式	AgCl	PbCl ₂
沈殿の色	白色	
沈殿の溶解性	アンモニア水に溶解	熱湯に溶解

塩化物沈殿の形成、および、塩化物沈殿の再溶解

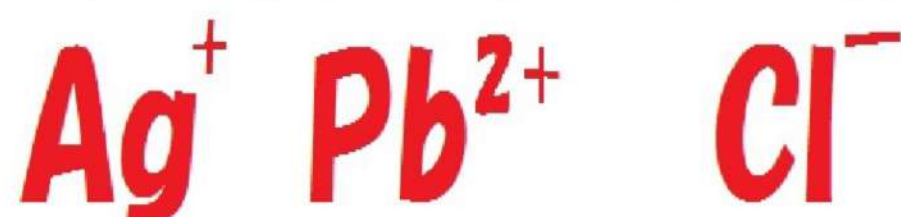
Cl ⁻ を加えると沈殿を形成するイオン		
	Ag ⁺	Pb ²⁺
沈殿の化学式	AgCl	PbCl ₂
沈殿の色	白色	
沈殿の溶解性	アンモニア水に溶解	熱湯に溶解

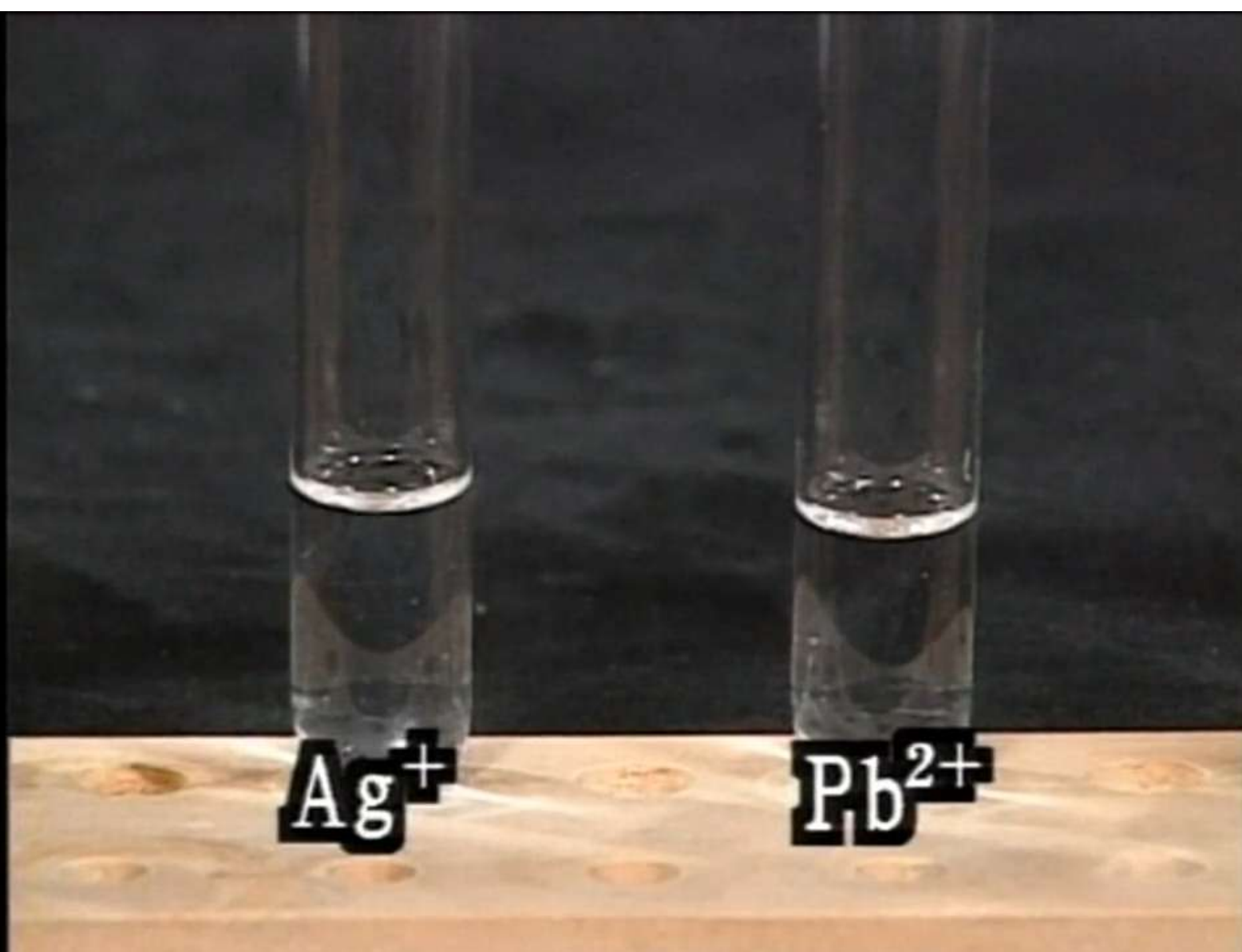


僕の高校時代には、こんな風に覚えていました。

塩化物イオンによる沈殿(塩化物沈殿)の形成

現金(げんなま→ぎん なま)で苦勞する。





3分弱

クロム酸塩の沈殿

CrO_4^{2-} による沈殿の形成

Ba^{2+}

Pb^{2+}

Ag^+

BaCrO_4

PbCrO_4

Ag_2CrO_4

クロム酸塩の沈殿

CrO_4^{2-} による沈殿の形成		
Ba^{2+}	Pb^{2+}	Ag^+
BaCrO_4	PbCrO_4	Ag_2CrO_4
黄色		暗赤色

クロム酸塩の沈殿

CrO_4^{2-} による沈殿の形成

Ba^{2+}

Pb^{2+}

Ag^+

BaCrO_4

PbCrO_4

Ag_2CrO_4

黄色

暗赤色

【クロムイエロー】



ゴッホ(Vincent van Gogh 1853~90)が好んで使った黄色は、歳月とともに変色している。絵の具に含まれるクロムの化学組成が、紫外線で変化することが主な原因と考えられている。

ゴッホが「ひまわり」などで愛用した山吹色に近い黄色は「クロムイエロー」(黄鉛(おうえん))である。日光によって茶色になることは知られていたが、仕組みは不明だった。絵の具に含まれた六価クロムに毒性があることなどから、現在はほとんど使われていない。

とある研究チームが紫外線を500時間当て、変色部分を調べたところ、六価クロム Cr(VI) の酸素結合が崩れ、三価クロム Cr(III) に変化していた。

新宿の東郷青児記念美術館蔵



ひまわり

フィンセント・ファン・ゴッホ

【金属イオンの沈殿形成】

問1 次の文章中の空欄を適当なイオン式、化学式、化学反応式、語句で埋めよ。ただし、《 》にはイオン式を、[]には化学式を、{ }には化学反応式（または、イオン反応式）を、[]には語句を埋めよ。

塩酸を加えると沈殿を形成するイオンには、 Hg_2^{2+} を除くと、イオン化傾向の大きい金属順に、①《 Pb^{2+} 》と《 Ag^+ 》とがある。これらのイオンと塩化物イオンとの間に形成される沈殿の化学式はそれぞれ[PbCl_2]、[AgCl]であり、色はともに[白]色である。

両沈殿のうちより溶解度が大きいのは[PbCl_2]の方であり、この沈殿は熱湯に溶解する。他方は、[NH_3]水に溶解する。その反応式(イオン反応式)は次の通りである。{ $\text{AgCl} + 2\text{NH}_3 \rightarrow [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+ + \text{Cl}^-$ } }

下線部①の2つのイオンは、これらのイオンとクロム酸イオン CrO_4^{2-} との間に形成される沈殿の色によっても判別できる。沈殿(クロム酸塩)[PbCrO_4]の色は[黄]色、沈殿(クロム酸塩)[Ag_2CrO_4]の色は[暗赤]色である。ちなみに、 Ba^{2+} イオンとクロム酸イオン CrO_4^{2-} との間に形成される沈殿 BaCrO_4 の色は[黄]色である。

塩化物イオン Cl^- による沈殿の形成と沈殿の溶解

Ag^+ (無色の水溶液)	Pb^{2+} (無色の水溶液)
AgCl (白色の沈殿)	PbCl_2 (白色の沈殿)
NH_3 水に溶解する。	熱湯に溶解する。
日光に当たると黒変する。	—

CrO_4^{2-} による沈殿の形成

Ba^{2+}	Pb^{2+}	Ag^+
BaCrO_4	PbCrO_4	Ag_2CrO_4
黄色		暗赤色

問2 次の文章中の空欄を適当なイオン式、化学式、語句で埋めよ。ただし、《 》にはイオン式を、[]には化学式を、[]には語句を埋めよ。

硫化水素を作用させると沈殿を形成するイオンは、イオンを含む水溶液が酸性である場合と塩基性（または中性）である場合によって異なる。酸性の場合には硫化水素の電離平衡（ $\text{H}_2\text{S} \rightleftharpoons 2\text{H}^+ + \text{S}^{2-}$ ）が[左]側に偏り、硫化物イオン濃度 $[\text{S}^{2-}]$ が[減少]して硫化物沈殿が生じにくくなり、塩基性の場合には硫化水素の電離平衡（ $\text{H}_2\text{S} \rightleftharpoons 2\text{H}^+ + \text{S}^{2-}$ ）が[右]側に偏り、硫化物イオン濃度 $[\text{S}^{2-}]$ が[増大]して硫化物沈殿が生じやすくなるためである。

Zn^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Ni^{2+} 、 Pb^{2+} 、 Cu^{2+} 、 Ag^+ および Mn^{2+} 、 Cd^{2+} のうち、硫化水素を作用させると沈殿を形成するイオンは、イオンを含む水溶液が塩基性である場合には《 Zn^{2+} 》、《 Fe^{2+} 》、《 Ni^{2+} 》、《 Mn^{2+} 》であり、酸性である場合には《 Pb^{2+} 》、《 Cu^{2+} 》、《 Ag^+ 》、《 Cd^{2+} 》である。これらのイオンと硫化物イオンとの間に形成される沈殿の色は黒色であるものが多いが、硫化物沈殿[ZnS]の色は白色、硫化物沈殿[MnS]の色は桃色（肉紅色）、硫化物沈殿[CdS]の色は黄色である。

硫化物イオン S^{2-} による沈殿の形成

中性・塩基性の水溶液中のみ 硫化物沈殿を形成するイオン		酸性～塩基性のいずれの水溶液中でも硫化物沈殿を形成するイオン	
Zn^{2+} 、 Fe^{2+} （淡緑色）、 Ni^{2+} （緑色）、 Mn^{2+} （淡赤色）		Pb^{2+} 、 Cu^{2+} （青色）、 Ag^+ 、 Cd^{2+}	
ZnS （白色沈殿）	FeS （黒色沈殿）	PbS （黒色沈殿）	CuS （黒色沈殿）
NiS （黒色沈殿）	MnS （淡赤色沈殿）	Ag_2S （黒色沈殿）	CdS （黄色沈殿）

硫化物沈殿の形成

S^{2-} を加えると沈殿を形成金属イオン

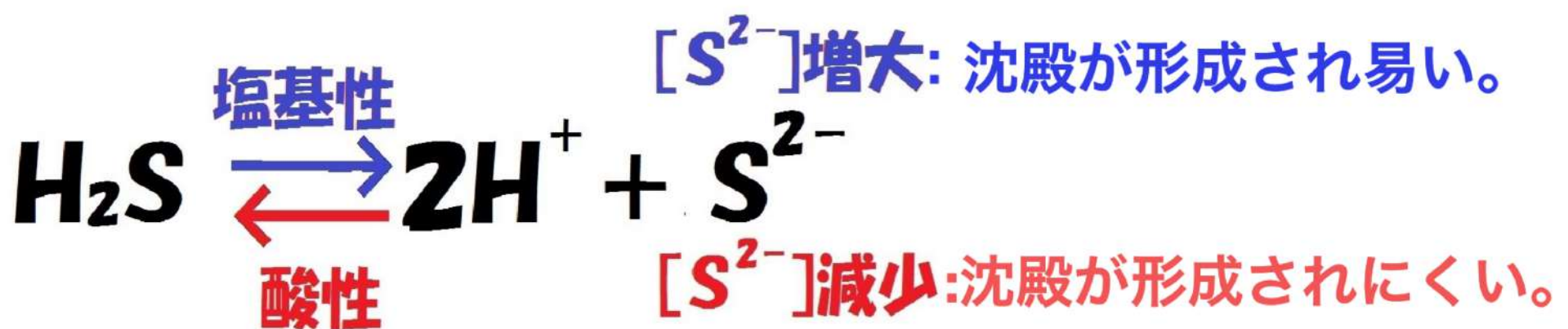
溶液が中性、塩基性なら 溶液がどのような液性でも

沈殿の化学式

沈殿の色

ZnS;

その他;



硫化物沈殿の形成

S^{2-} を加えると沈殿を形成金属イオン

溶液が中性、塩基性なら

溶液がどのような液性でも

$Zn^{2+}, Fe^{2+}, Ni^{2+}$

$Pb^{2+}, Cu^{2+}, Ag^+, (Cd^{2+})$

沈殿の化学式

沈殿の色

ZnS ; 、その他;

硫化物沈殿の形成

S^{2-} を加えると沈殿を形成金属イオン

溶液が中性、塩基性なら

溶液がどのような液性でも

$Zn^{2+}, Fe^{2+}, Ni^{2+}$

$Pb^{2+}, Cu^{2+}, Ag^+, (Cd^{2+})$

沈殿の化学式

ZnS, FeS, NiS

$PbS, CuS, Ag_2S, (CdS)$

沈殿の色

ZnS ; 、その他;

硫化物沈殿の形成

S^{2-} を加えると沈殿を形成金属イオン

溶液が中性、塩基性なら

溶液がどのような液性でも

$Zn^{2+}, Fe^{2+}, Ni^{2+}$

$Pb^{2+}, Cu^{2+}, Ag^+, (Cd^{2+})$

沈殿の化学式

~~ZnS, FeS, NiS~~

~~$PbS, CuS, Ag_2S, (CdS)$~~

沈殿の色

ZnS ; 白色、その他; 黒色 (CdS : 黄色)

僕の高校時代には、こんな風に覚えていました。

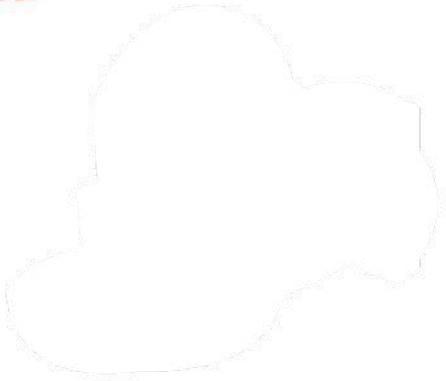
硫化物イオンによる沈殿(硫化物沈殿)の形成

塩基性(中性)条件

あ て に できない ある借り
 Zn^{2+} Fe^{2+} Ni^{2+} アルカリ

酸性条件

かっぱらった現金(げんなま→ぎん なま)は
 Cu^{2+} Ag^+ Pb^{2+}

 かど
角 の川に 流す のに 賛成
 Cd^{2+} H_2S 酸性

問2 次の文章中の空欄を適当なイオン式、化学式、語句で埋めよ。ただし、《 》にはイオン式を、[]には化学式を、[]には語句を埋めよ。

硫化水素を作用させると沈殿を形成するイオンは、イオンを含む水溶液が酸性である場合と塩基性（または中性）である場合によって異なる。酸性の場合には硫化水素の電離平衡 ($\text{H}_2\text{S} \rightleftharpoons 2\text{H}^+ + \text{S}^{2-}$) が[左]側に偏り、硫化物イオン濃度 $[\text{S}^{2-}]$ が[減少]して硫化物沈殿が生じにくくなり、塩基性の場合には硫化水素の電離平衡 ($\text{H}_2\text{S} \rightleftharpoons 2\text{H}^+ + \text{S}^{2-}$) が[右]側に偏り、硫化物イオン濃度 $[\text{S}^{2-}]$ が[増大]して硫化物沈殿が生じやすくなるためである。

Zn^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Ni^{2+} 、 Pb^{2+} 、 Cu^{2+} 、 Ag^+ および Mn^{2+} 、 Cd^{2+} のうち、硫化水素を作用させると沈殿を形成するイオンは、イオンを含む水溶液が塩基性である場合には《 Zn^{2+} 》、《 Fe^{2+} 》、《 Ni^{2+} 》、《 Mn^{2+} 》であり、酸性である場合には《 Pb^{2+} 》、《 Cu^{2+} 》、《 Ag^+ 》、《 Cd^{2+} 》である。これらのイオンと硫化物イオンとの間に形成される沈殿の色は黒色であるものが多いが、硫化物沈殿 $[\text{ZnS}]$ の色は白色、硫化物沈殿 $[\text{MnS}]$ の色は桃色(肉紅色)、硫化物沈殿 $[\text{CdS}]$ の色は黄色である。

硫化物イオン S^{2-} による沈殿の形成

中性・塩基性の水溶液でのみ 硫化物沈殿を形成するイオン		酸性～塩基性のいずれの水溶液 でも硫化物沈殿を形成するイオン	
Zn^{2+} 、 Fe^{2+} (淡緑色)、 Ni^{2+} (緑色)、 Mn^{2+} (淡赤色)		Pb^{2+} 、 Cu^{2+} (青色)、 Ag^+ 、 Cd^{2+}	
ZnS(白色沈殿)	FeS(黒色沈殿)	PbS(黒色沈殿)	CuS(黒色沈殿)
NiS(黒色沈殿)	MnS(淡赤色沈殿)	Ag ₂ S(黒色沈殿)	CdS(黄色沈殿)

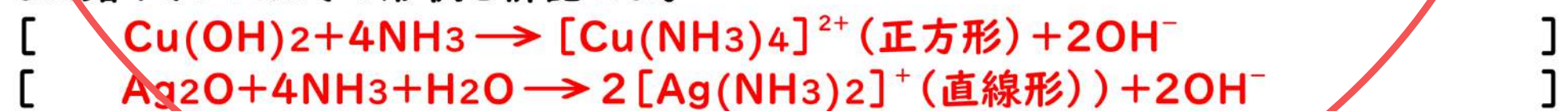
問3 次の文章中の空欄を適当な化学式または語句で埋めよ。ただし、[]には化学式を、[]には語句を埋めよ。

水酸化物イオンを作用させると沈殿（水酸化物沈殿または酸化物沈殿）を形成するイオンの種類は多い。たとえば、 Al^{3+} 、 Zn^{2+} 、 Fe^{3+} 、 Pb^{2+} 、 Cu^{2+} 、 Ag^{+} に適量の NH_3 水や NaOH 水溶液を作用させると、 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 、 $\text{Zn}(\text{OH})_2$ 、 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 、 $\text{Pb}(\text{OH})_2$ 、 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 、 Ag_2O が沈殿する。ただし、形成された沈殿（水酸化物沈殿または酸化物沈殿）の中には、『過剰の NaOH 水溶液を加えたときに再溶解する沈殿』や『過剰の NH_3 水を加えたときに再溶解する沈殿』があるため、上記の沈殿は次の4つに分けられる。

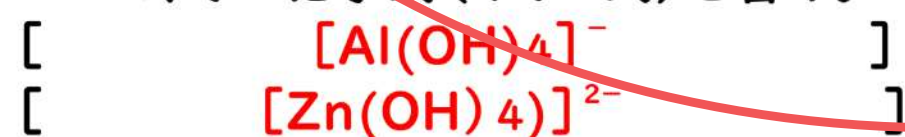
- ① 過剰の NH_3 水を加えたときのみに再溶解する；[$\text{Cu}(\text{OH})_2$]、[Ag_2O]
- ② 過剰の NaOH aqを加えたときのみに再溶解する；[$\text{Al}(\text{OH})_3$]、[$\text{Pb}(\text{OH})_2$]
- ③ 過剰の NH_3 水にも過剰の NaOH aqにも再溶解する；[$\text{Zn}(\text{OH})_2$]
- ④ 過剰の NH_3 水にも過剰の NaOH aqにも再溶解しない；[$\text{Fe}(\text{OH})_3$]

鉄イオンについて、上記で3価の鉄イオン Fe^{3+} を主に扱ったのは、 Fe^{3+} は2価の鉄イオン Fe^{2+} よりも水酸化物沈殿を形成[**しやすい**]ためである。

問4 問3中の分類①の沈殿が過剰量の NH_3 水に再溶解する際のイオン反応式を書き、生成した錯イオンにはその形状を併記せよ。



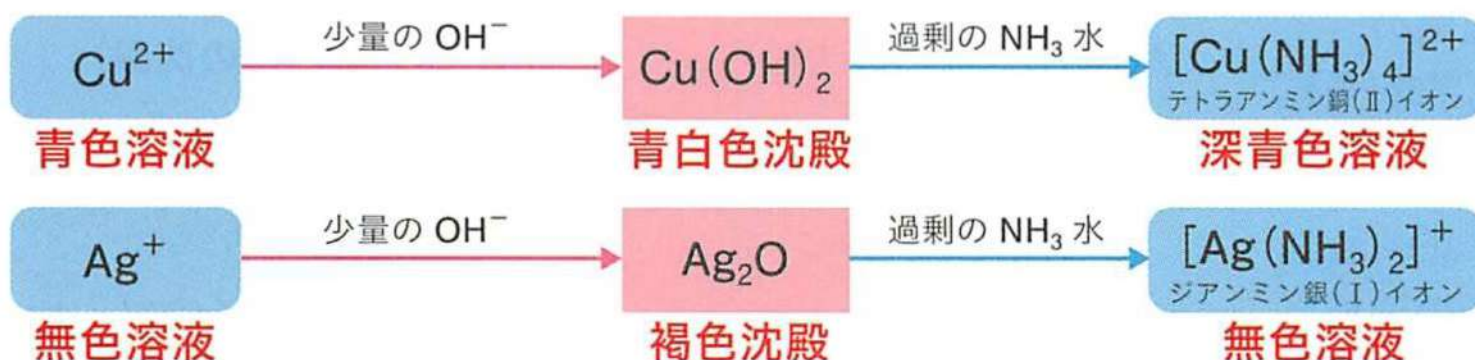
問5 問3中の分類②の沈殿が過剰量の NaOH 水溶液に再溶解する際に生成した錯イオンについて、その化学式（イオン式）を書け。



少量の OH^- で生成し、過剰の NaOHaq に溶解する沈殿の例



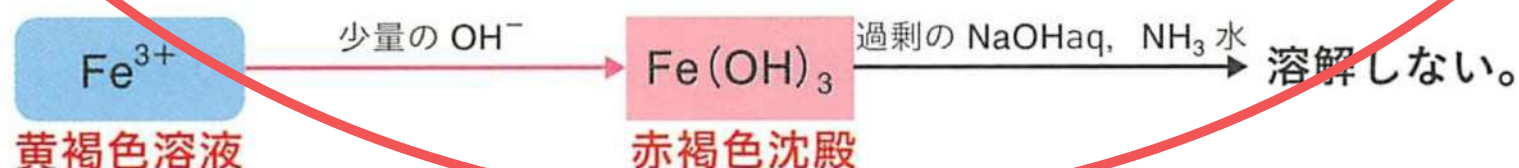
少量の OH^- で生成し、過剰の NH_3aq に溶解する沈殿の例



少量の OH^- で生成し、過剰の NaOHaq にも NH_3aq にも溶解する沈殿



少量の OH^- で生成し、過剰の NaOHaq にも NH_3aq にも溶解しない沈殿



水酸化物(酸化物)沈殿の形成、および、その再溶解

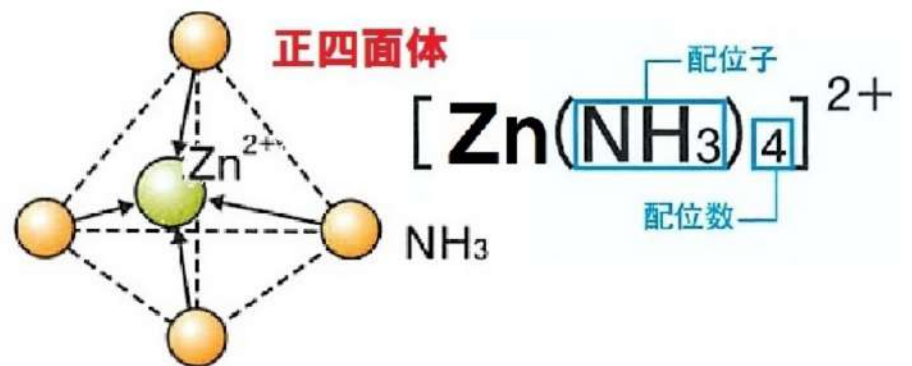
		適量のOH ⁻ を加えると沈殿を形成するイオン	
		Zn ²⁺	Cu ²⁺ , Ag ⁺
沈殿の化学式		Zn(OH) ₂	Cu(OH) ₂ , Ag ₂ O
沈殿の色		白色	Cu(OH) ₂ ; 青白色、Ag ₂ O; 暗褐色
沈殿の溶解性	過剰のNH ₃ 水に		
	過剰のNaOHaqに		

		適量のOH ⁻ を加えると沈殿を形成するイオン	
		Al ³⁺ , Pb ²⁺	Fe ³⁺
沈殿の化学式		Al(OH) ₃ , Pb(OH) ₂	Fe(OH) ₃
沈殿の色		白色	赤褐色
沈殿の溶解性	過剰のNH ₃ 水に		
	過剰のNaOHaqに		

水酸化物（酸化物）沈殿の形成、および、その再溶解

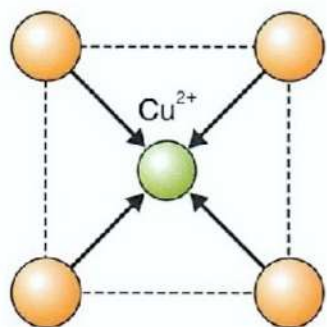
		適量のOH ⁻ を加えると沈殿を形成するイオン	
		Zn ²⁺	Cu ²⁺ , Ag ⁺
沈殿の化学式		Zn(OH) ₂	Cu(OH) ₂ , Ag ₂ O
沈殿の色		白色	Cu(OH) ₂ ; 青白色、Ag ₂ O; 暗褐色
沈殿の溶解性	過剰のNH ₃ 水に	溶解する (○) [Zn(NH ₃) ₄] ²⁺	
	過剰のNaOHaqに	溶解する (○) [Zn(OH) ₄] ²⁻	

		適量のOH ⁻ を加えると沈殿を形成するイオン	
		Al ³⁺ , Pb ²⁺	
沈殿の化学式		Al(OH) ₃ , Pb(OH) ₂	
沈殿の色		白色	
沈殿の溶解性	過剰のNH ₃ 水に		
	過剰のNaOHaqに		



水酸化物(酸化物)沈殿の形成、および、その再溶解

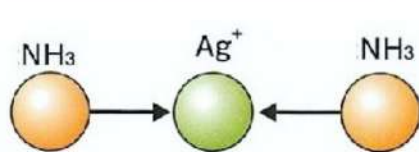
		適量のOH ⁻ を加えると沈殿を形成するイオン	
		Zn ²⁺	Cu ²⁺ , Ag ⁺
沈殿の化学式		Zn(OH) ₂	Cu(OH) ₂ , Ag ₂ O
沈殿の色		白色	Cu(OH) ₂ ; 青白色、Ag ₂ O; 暗褐色
沈殿の溶解性	過剰のNH ₃ 水に	溶解する(○) [Zn(NH ₃) ₄] ²⁺	溶解する(○) [Cu(NH ₃) ₄] ²⁺ , [Ag(NH ₃) ₂] ⁺
	過剰のNaOH aqに	溶解する(○) [Zn(OH) ₄] ²⁻	溶解しない(×) —



NH₃ 正方形



テトラアンミン銅(II)イオン



直線



ジアミン銀(I)イオン

適量のOH⁻を加えると沈殿を形成するイオン

		適量のOH ⁻ を加えると沈殿を形成するイオン	
		Fe ³⁺ , Pb ²⁺	Fe ³⁺
		Fe(OH) ₃ , Pb(OH) ₂	Fe(OH) ₃
		赤褐色	赤褐色

水酸化物(酸化物)沈殿の形成、および、その再溶解

		適量のOH ⁻ を加えると沈殿を形成するイオン	
		Zn ²⁺	Cu ²⁺ , Ag ⁺
沈殿の化学式		Zn(OH) ₂	Cu(OH) ₂ , Ag ₂ O
沈殿の色		白色	Cu(OH) ₂ ; 青白色、Ag ₂ O; 暗褐色
沈殿の溶解性	過剰のNH ₃ 水に	溶解する(○) [Zn(NH ₃) ₄] ²⁺	溶解する(○) [Cu(NH ₃) ₄] ²⁺ , [Ag(NH ₃) ₂] ⁺
	過剰のNaOHaqに	溶解する(○) [Zn(OH) ₄] ²⁻	溶解しない(×) —

		適量のOH ⁻ を加えると沈殿を形成するイオン	
		Al ³⁺ , Pb ²⁺	Fe ³⁺
沈殿の化学式		Al(OH) ₃ , Pb(OH) ₂	Fe(OH) ₃
沈殿の色		白色	赤褐色
沈殿の溶解性	過剰のNH ₃ 水に	溶解しない(×) —	
	過剰のNaOHaqに	溶解する(○) [Al(OH) ₄] ⁻ , [Pb(OH) ₄] ²⁻	

水酸化物(酸化物)沈殿の形成、および、その再溶解

		適量の OH^- を加えると沈殿を形成するイオン	
		Zn^{2+}	$\text{Cu}^{2+}, \text{Ag}^+$
沈殿の化学式		$\text{Zn}(\text{OH})_2$	$\text{Cu}(\text{OH})_2, \text{Ag}_2\text{O}$
沈殿の色		白色	$\text{Cu}(\text{OH})_2$; 青白色、 Ag_2O ; 暗褐色
沈殿の溶解性	過剰の NH_3 水に	溶解する(○) $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$	溶解する(○) $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}, [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$
	過剰の NaOH aqに	溶解する(○) $[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$	溶解しない(×) —

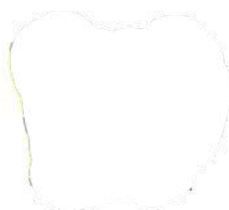
		適量の OH^- を加えると沈殿を形成するイオン	
		$\text{Al}^{3+}, \text{Pb}^{2+}$	Fe^{3+}
沈殿の化学式		$\text{Al}(\text{OH})_3, \text{Pb}(\text{OH})_2$	$\text{Fe}(\text{OH})_3$
沈殿の色		白色	赤褐色
沈殿の溶解性	過剰の NH_3 水に	溶解しない(×) —	溶解しない(×) —
	過剰の NaOH aqに	溶解する(○) $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-, [\text{Pb}(\text{OH})_4]^{2-}$	溶解しない(×) —

水酸化物(酸化物)沈殿の形成、および、その再溶解

		適量のOH ⁻ を加えると沈殿を形成するイオン	
		Zn ²⁺	Cu ²⁺ , Ag ⁺
沈殿の化学式		Zn(OH) ₂	Cu(OH) ₂ , Ag ₂ O
沈殿の色		白色	Cu(OH) ₂ ; 青白色、Ag ₂ O; 暗褐色
沈殿の溶解性	過剰のNH ₃ 水に	溶解する(○) [Zn(NH ₃) ₄] ²⁺	溶解する(○) [Cu(NH ₃) ₄] ²⁺ , [Ag(NH ₃) ₂] ⁺
	過剰のNaOHaqに	溶解する(○) [Zn(OH) ₄] ²⁻	溶解しない(×) —

		適量のOH ⁻ を加えると沈殿を形成するイオン	
		Al ³⁺ , Pb ²⁺	Fe ³⁺
沈殿の化学式		Al(OH) ₃ , Pb(OH) ₂	Fe(OH) ₃
沈殿の色		白色	赤褐色
沈殿の溶解性	過剰のNH ₃ 水に	溶解しない(×) —	溶解しない(×) —
	過剰のNaOHaqに	溶解する(○) [Al(OH) ₄] ⁻ , [Pb(OH) ₄] ²⁻	溶解しない(×) —

僕の高校時代には、こんな風に覚えていました。



水酸化物イオンによる沈殿(一部、酸化物)の形成

【過剰のNaOH水溶液に溶解する水酸化物沈殿】

(↓両性元素の覚え方と同じ)

Al(OH)_3 Zn(OH)_2 Sn(OH)_2 Pb(OH)_2 いと両性に愛される

【過剰の NH_3 水に溶解する水酸化物(酸化物)沈殿】

(↓「あんまいだ」)

Cu(OH)_2 Ag_2O Zn(OH)_2 とはアンモニア

NH₃aqを加える

Ag⁺

Cu²⁺

Zn²⁺

2分弱

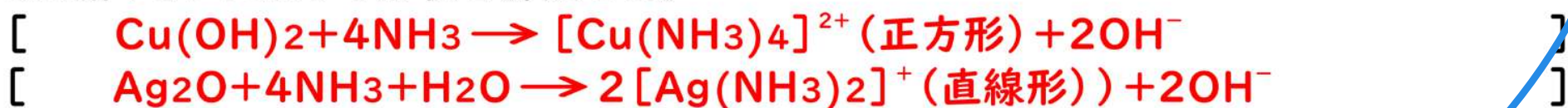
問3 次の文章中の空欄を適当な化学式または語句で埋めよ。ただし、[]には化学式を、[]には語句を埋めよ。

水酸化物イオンを作用させると沈殿（水酸化物沈殿または酸化物沈殿）を形成するイオンの種類は多い。たとえば、 Al^{3+} 、 Zn^{2+} 、 Fe^{3+} 、 Pb^{2+} 、 Cu^{2+} 、 Ag^{+} に適量の NH_3 水や NaOH 水溶液を作用させると、 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 、 $\text{Zn}(\text{OH})_2$ 、 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ 、 $\text{Pb}(\text{OH})_2$ 、 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 、 Ag_2O が沈殿する。ただし、形成された沈殿（水酸化物沈殿または酸化物沈殿）の中には、『過剰の NaOH 水溶液を加えたときに再溶解する沈殿』や『過剰の NH_3 水を加えたときに再溶解する沈殿』があるため、上記の沈殿は次の4つに分けられる。

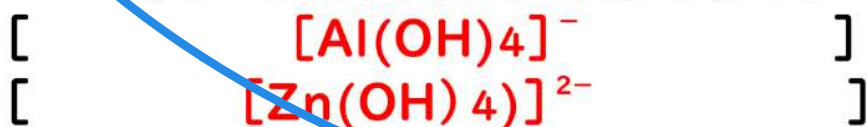
- ① 過剰の NH_3 水を加えたときのみに再溶解する；[$\text{Cu}(\text{OH})_2$]、[Ag_2O]
- ② 過剰の NaOH aqを加えたときのみに再溶解する；[$\text{Al}(\text{OH})_3$]、[$\text{Pb}(\text{OH})_2$]
- ③ 過剰の NH_3 水にも過剰の NaOH aqにも再溶解する；[$\text{Zn}(\text{OH})_2$]
- ④ 過剰の NH_3 水にも過剰の NaOH aqにも再溶解しない；[$\text{Fe}(\text{OH})_3$]

鉄イオンについて、上記で3価の鉄イオン Fe^{3+} を主に扱ったのは、 Fe^{3+} は2価の鉄イオン Fe^{2+} よりも水酸化物沈殿を形成[**しやすい**]ためである。

問4 問3中の分類①の沈殿が過剰量の NH_3 水に再溶解する際のイオン反応式を書き、生成した錯イオンにはその形状を併記せよ。



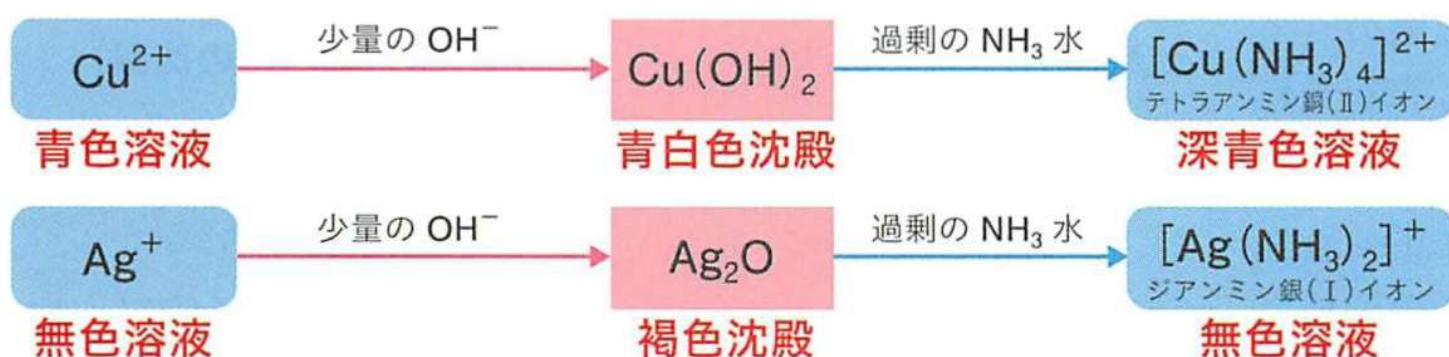
問5 問3中の分類②の沈殿が過剰量の NaOH 水溶液に再溶解する際に生成した錯イオンについて、その化学式（イオン式）を書け。



少量の OH^- で生成し、過剰の NaOHaq に溶解する沈殿の例



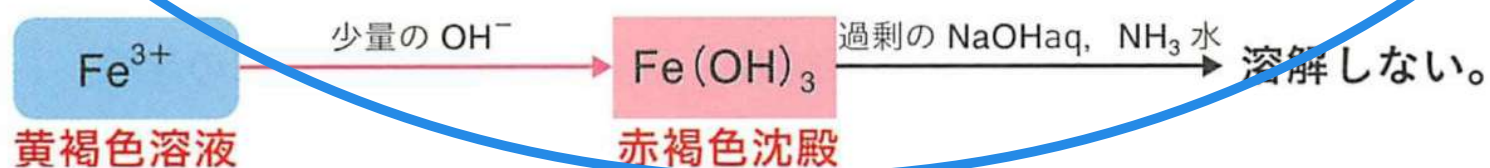
少量の OH^- で生成し、過剰の NH_3aq に溶解する沈殿の例



少量の OH^- で生成し、過剰の NaOHaq にも NH_3aq にも溶解する沈殿



少量の OH^- で生成し、過剰の NaOHaq にも NH_3aq にも溶解しない沈殿



問6 次の文章中の空欄を適当なイオン式で埋めよ。

塩酸、硫化水素、アンモニア水、NaOH水溶液のいずれかによって Na^+ 、 K^+ のようなアルカリ金属のイオン、 Ca^{2+} 、 Ba^{2+} のようなアルカリ土類金属のイオンを除けば、大方の金属イオンは沈殿を形成する。上記の試薬では沈殿を形成しない Ca^{2+} 、 Ba^{2+} も《 SO_4^{2-} 》との間で酸に溶解しない沈殿を得形成する。《 CO_3^{2-} 》や《 $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ 》との間でも沈殿を形成するが、これらの沈殿は強酸に溶解する。

	CO ₃ ²⁻ による沈殿の形成		SO ₄ ²⁻ による沈殿の形成		
	Ca ²⁺	Ba ²⁺	Ca ²⁺	Ba ²⁺	Pb ²⁺
沈殿の化学式	CaCO ₃	BaCO ₃	CaSO ₄	BaSO ₄ ^{*1}	PbSO ₄
沈殿の色	白色		白色		
沈殿の溶解	希硝酸に溶解する。		希硝酸に溶解しない。		

炭酸塩の沈殿

	CO ₃ ²⁻ を加える		SO ₄ ²⁻ を加える	
	Ca ²⁺	Ba ²⁺	Ca ²⁺	Ba ²⁺
沈殿の化学式				
沈殿の色	白色	白色	白色	白色
沈殿の再溶解				

炭酸塩の沈殿

	CO ₃ ²⁻ を加える		SO ₄ ²⁻ を加える	
	Ca ²⁺	Ba ²⁺	Ca ²⁺	Ba ²⁺
沈殿の化学式	CaCO ₃	BaCO ₃		
沈殿の色	白色	白色	白色	白色
沈殿の再溶解				

炭酸塩の沈殿

	CO ₃ ²⁻ を加える		SO ₄ ²⁻ を加える	
	Ca ²⁺	Ba ²⁺	Ca ²⁺	Ba ²⁺
沈殿の化学式	CaCO ₃	BaCO ₃	CaSO ₄	BaSO ₄
沈殿の色	白色	白色	白色	白色
沈殿の再溶解				

炭酸塩の沈殿

	CO ₃ ²⁻ を加える		SO ₄ ²⁻ を加える	
	Ca ²⁺	Ba ²⁺	Ca ²⁺	Ba ²⁺
沈殿の化学式	CaCO ₃	BaCO ₃	CaSO ₄	BaSO ₄
沈殿の色	白色	白色	白色	白色
沈殿の再溶解	弱酸の塩なので、 硝酸の水溶液に溶解する。			

炭酸塩の沈殿

	CO ₃ ²⁻ を加える		SO ₄ ²⁻ を加える	
	Ca ²⁺	Ba ²⁺	Ca ²⁺	Ba ²⁺
沈殿の化学式	CaCO ₃	BaCO ₃	CaSO ₄	BaSO ₄
沈殿の色	白色	白色	白色	白色
沈殿の再溶解	弱酸の塩なので、 硝酸の水溶液に溶解する。		強酸の塩なので、 硝酸の水溶液にも溶解しない。	

炭酸塩の沈殿

	CO ₃ ²⁻ を加える		SO ₄ ²⁻ を加える	
	Ca ²⁺	Ba ²⁺	Ca ²⁺	Ba ²⁺
沈殿の化学式	CaCO ₃	BaCO ₃	CaSO ₄	BaSO ₄
沈殿の色	白色	白色	白色	白色
沈殿の再溶解	弱酸の塩なので、 硝酸の水溶液に溶解する。		強酸の塩なので、 硝酸の水溶液にも溶解しない。	

これは、陰イオンの判別にも用いられる。
(硫酸イオンと炭酸イオンの判別)

問6 次の文章中の空欄を適当なイオン式で埋めよ。

塩酸、硫化水素、アンモニア水、NaOH水溶液のいずれかによって Na^+ 、 K^+ のようなアルカリ金属のイオン、 Ca^{2+} 、 Ba^{2+} のようなアルカリ土類金属のイオンを除けば、大方の金属イオンは沈殿を形成する。上記の試薬では沈殿を形成しない Ca^{2+} 、 Ba^{2+} も《 SO_4^{2-} 》との間で酸に溶解しない沈殿を得形成する。《 CO_3^{2-} 》や《 $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ 》との間でも沈殿を形成するが、これらの沈殿は強酸に溶解する。

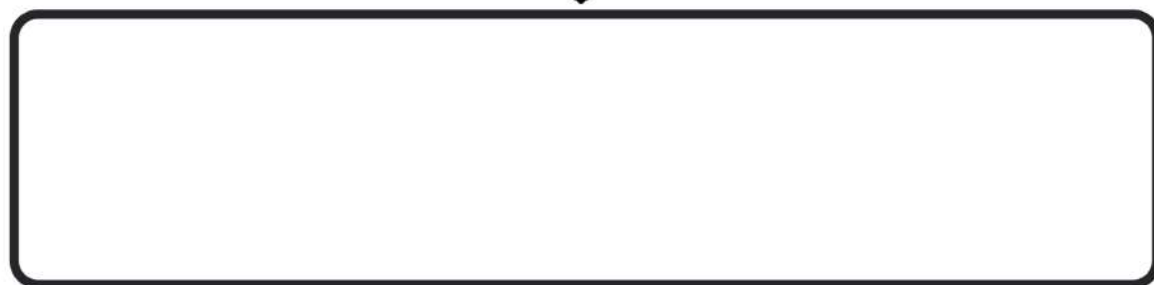
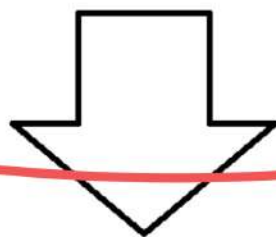
	CO_3^{2-} による沈殿の形成		SO_4^{2-} による沈殿の形成		
	Ca^{2+}	Ba^{2+}	Ca^{2+}	Ba^{2+}	Pb^{2+}
沈殿の化学式	CaCO_3	BaCO_3	CaSO_4	BaSO_4^{*1}	PbSO_4
沈殿の色	白色		白色		
沈殿の溶解	希硝酸に溶解する。		希硝酸に溶解しない。		

問5 次の文章中の空欄を適切な語句で埋めよ。

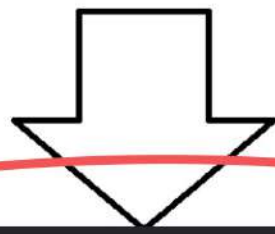
教科書的な方法では沈殿させることの出来ない Na^+ 、 K^+ のようなアルカリ金属のイオンは、[炎色反応]による呈色の色の違いによって判別する。たとえば、 Na^+ は[黄]色、 K^+ は[赤紫]色、 Ca^{2+} は[橙赤]色、 Ba^{2+} は[黄緑]色を示す。

	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Ba^{2+}	Cu^{2+}
炎色反応	黄色	赤紫色	橙赤色	黄緑色	青緑色

ここまでで、大方の金属イオンを沈殿させることができた。しかし、ここまでの方法では、アルカリ金属のイオンを沈殿させることはできない。では、アルカリ金属のイオンは、どのような方法でその存在を確認したらよいだろうか？



ここまでで、大方の金属イオンを沈殿させることができた。しかし、ここまでの方法では、アルカリ金属のイオンを沈殿させることはできない。では、アルカリ金属のイオンは、どのような方法でその存在を確認したらよいだろうか？



炎色反応

炎色反応

	Ca^{2+}	Ba^{2+}	Na^{+}	K^{+}
炎色反応				

炎色反応

	Ca^{2+}	Ba^{2+}	Na^{+}	K^{+}
炎色反応	橙赤色	黄緑色	黄色	赤紫色

炎色反応

	Ca^{2+}	Ba^{2+}	Na^{+}	K^{+}
炎色反応	橙赤色	黄緑色	黄色	赤紫色

有名な覚え方は？

炎色反応

	Ca^{2+}	Ba^{2+}	Na^{+}	K^{+}
炎色反応	橙赤色	黄緑色	黄色	赤紫色

有名な覚え方は？

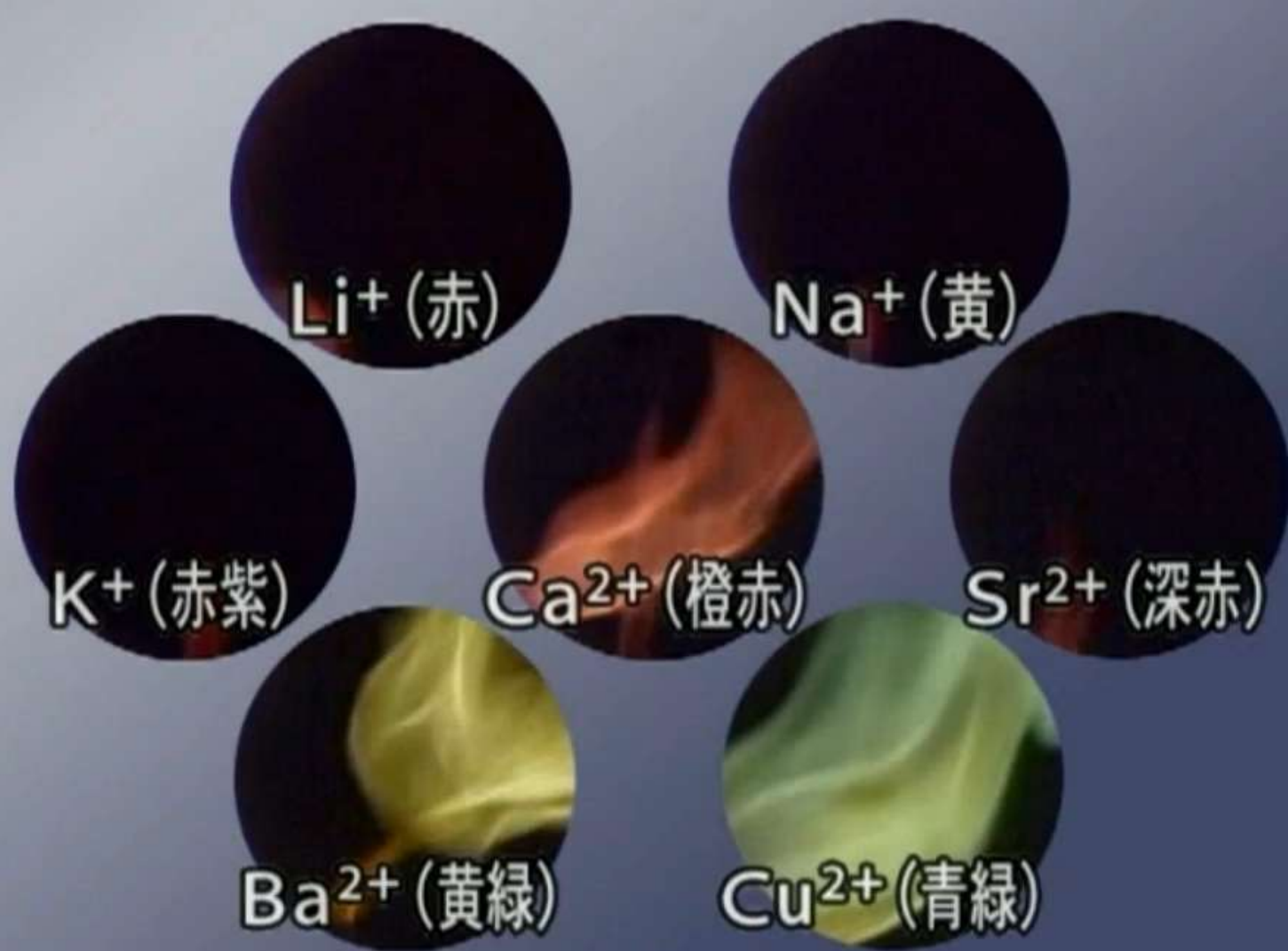
リアカー(Li:赤) 無き(Na:黄)

K村(k:紫／赤紫)

動力(Cu:緑／青緑) 借いると(Ca:橙／橙赤)

するもくれない(Sr:紅)

馬力(Ba:緑／黄緑) でいこう。

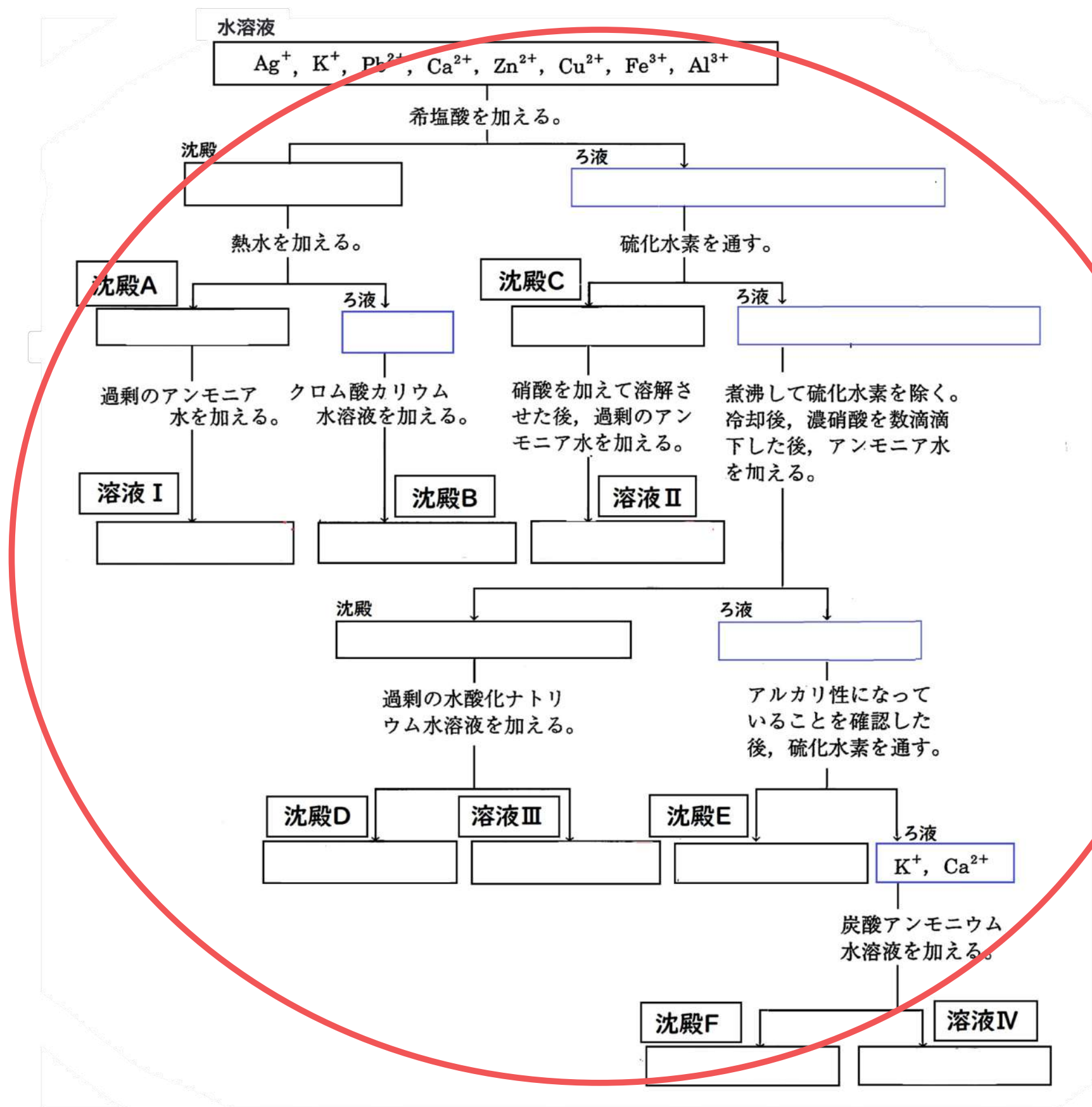




問5 次の文章中の空欄を適当な語句で埋めよ。

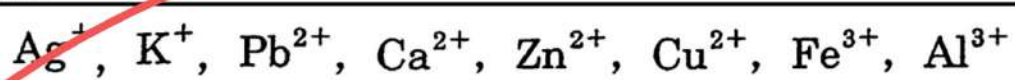
教科書的な方法では沈殿させることの出来ない Na^+ 、 K^+ のようなアルカリ金属のイオンは、[炎色反応]による呈色の色の違いによって判別する。たとえば、 Na^+ は[黄]色、 K^+ は[赤紫]色、 Ca^{2+} は[橙赤]色、 Ba^{2+} は[黄緑]色を示す。

	Na^+	K^+	Ca^{2+}	Ba^{2+}	Cu^{2+}
炎色反応	黄色	赤紫色	橙赤色	黄緑色	青緑色



系統分離図の完成

水溶液



希塩酸を加える。

沈殿

ろ液

熱水を加える。

硫化水素を通す。

沈殿A

沈殿C

ろ液

ろ液

過剰のアンモニア水を加える。

クロム酸カリウム水溶液を加える。

硝酸を加えて溶解させた後、過剰のアンモニア水を加える。

煮沸して硫化水素を除く。冷却後、濃硝酸を数滴滴下した後、アンモニア水を加える。

溶液 I

沈殿B

溶液 II

水溶液

Ag^+ , K^+ , Pb^{2+} , Ca^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} , Fe^{3+} , Al^{3+}

希塩酸を加える。

沈殿

AgCl , PbCl_2

ろ液

熱水を加える。

硫化水素を通す。

沈殿A

沈殿C

ろ液

ろ液

Cl⁻を加えると沈殿を形成するイオン

Ag^+

Pb^{2+}

沈殿の化学式

AgCl

PbCl_2

沈殿の色

白色

沈殿の溶解性

アンモニア水に溶解

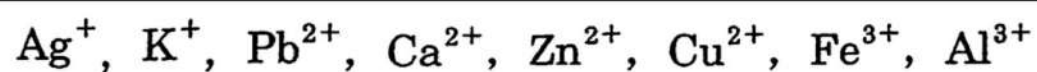
熱湯に溶解

過剰の

溶液 I

除く。
滴滴
ア水

水溶液



希塩酸を加える。

沈殿



ろ液



熱水を加える。

硫化水素を通す。

沈殿A

沈殿C

ろ液

ろ液

Cl^- を加えると沈殿を形成するイオン



沈殿の化学式



沈殿の色

白色

沈殿の溶解性

アンモニア水に溶解

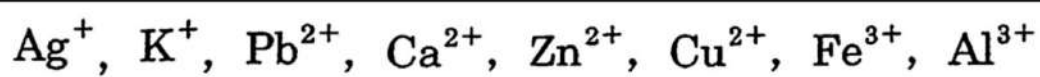
熱湯に溶解

過剰

溶液

を除く。
数滴滴
ニア水

水溶液

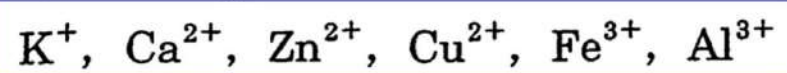


希塩酸を加える。

沈殿



ろ液



熱水を加える。

硫化水素を通す。

沈殿A



沈殿C

ろ液

過剰のアンモニア
水を加える。

クロム
水溶液

溶液 I

Cl^- を加えると沈殿を形成するイオン



沈殿の化学式



沈殿の色

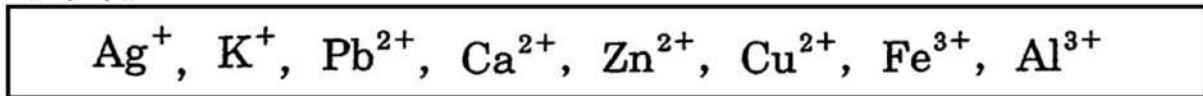
白色

沈殿の溶解性

アンモニア水に溶解

熱湯に溶解

水溶液

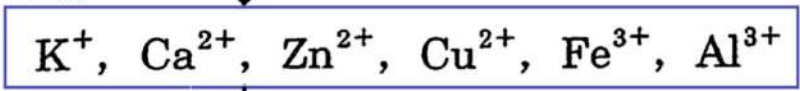


希塩酸を加える。

沈殿



ろ液



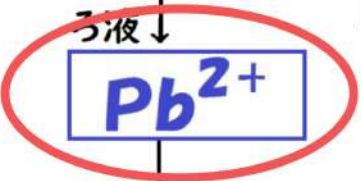
熱水を加える。

硫化水素を通す。

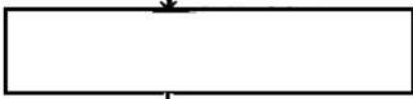
沈殿A



ろ液↓



沈殿C



ろ液↓



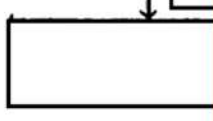
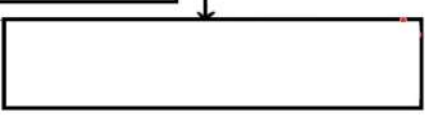
過剰のアンモニア水を加える。

クロム酸カリウム水溶液を加

硝酸を加えて溶解さ

煮沸して硫化水素を除く。

溶液 I



Cl ⁻ を加えると沈殿を形成するイオン		
	Ag^+	Pb^{2+}
沈殿の化学式	AgCl	PbCl_2
沈殿の色	白色	
沈殿の溶解性	アンモニア水に溶解	熱湯に溶解

S ²⁻ を加えると沈殿を形成金属イオン	
溶液が中性、塩基性なら	溶液がどのような液性でも
Zn ²⁺ , Fe ²⁺ , Ni ²⁺	Pb ²⁺ , Cu ²⁺ , Ag ⁺ , (Cd ²⁺)
沈殿の化学式	ZnS, FeS, NiS PbS, CuS, Ag ₂ S, (CdS)
沈殿の色	ZnS; 白色、その他; 黒色 (CdS: 黄色)

Al³⁺

希塩酸後なので
酸性条件下

AgCl, PbCl₂

K⁺, Ca²⁺, Zn²⁺, Cu²⁺, Fe³⁺, Al³⁺

熱水を加える。

硫化水素を通す。

沈殿A

沈殿C

ろ液↓

ろ液↓

AgCl

Pb²⁺

CuS

過剰のアンモニア水を加える。

クロム酸カリウム水溶液を加える。

硝酸を加えて溶解させた後、過剰のアンモニア水を加える。

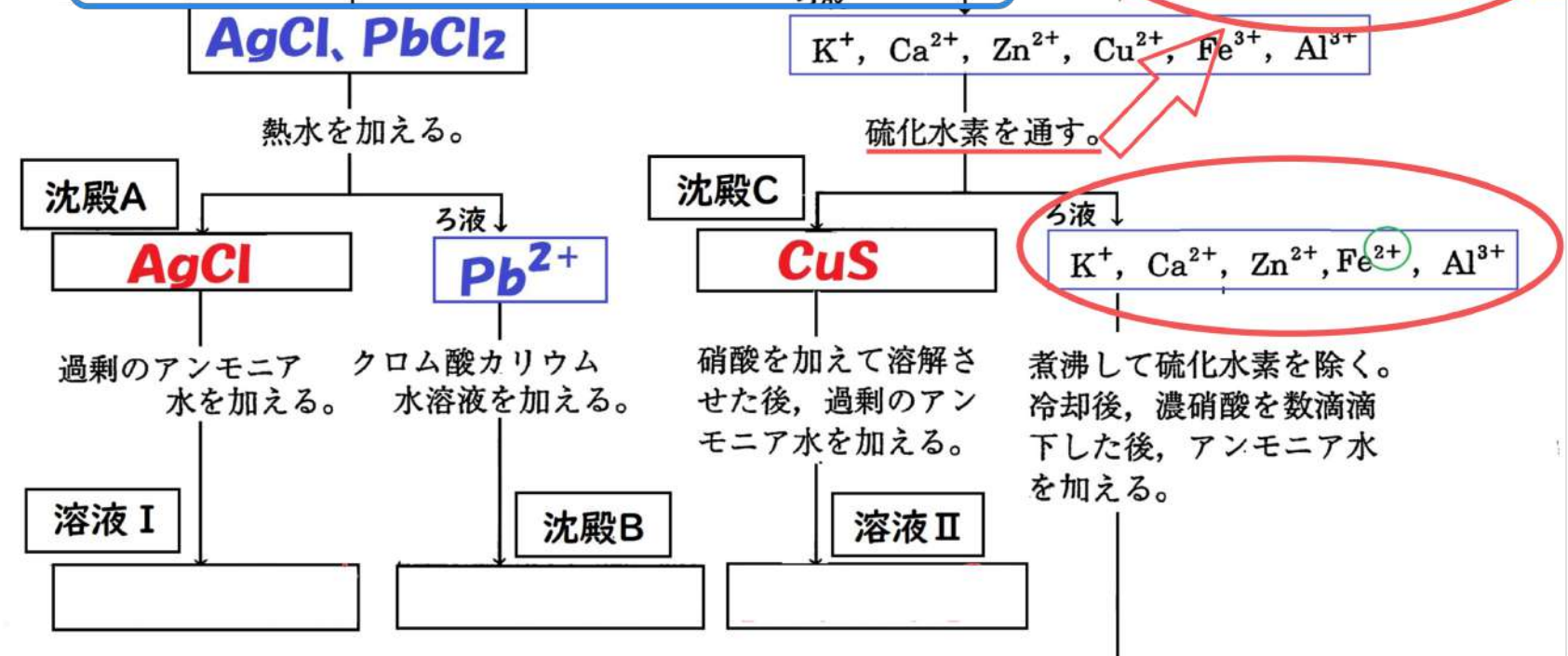
煮沸して硫化水素を除く。冷却後、濃硝酸を数滴滴下した後、アンモニア水を加える。

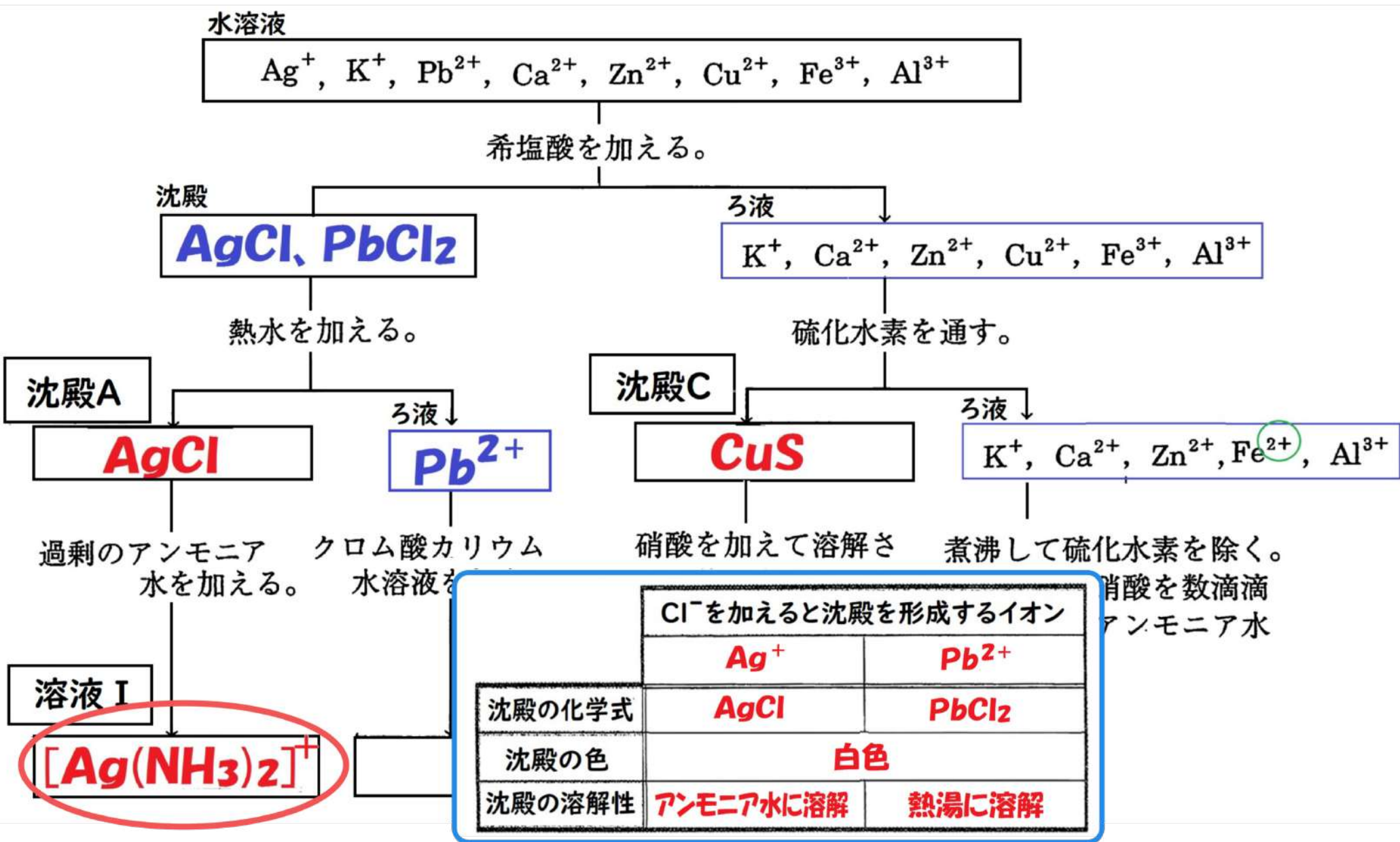
溶液 I

沈殿B

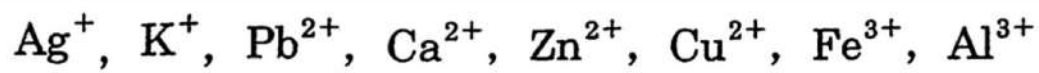
溶液 II

	S ²⁻ を加えると沈殿を形成金属イオン	
	溶液が中性、塩基性なら	溶液がどのような液性でも
	Zn ²⁺ , Fe ²⁺ , Ni ²⁺	Pb ²⁺ , Cu ²⁺ , Ag ⁺ , (Cd ²⁺)
沈殿の化学式	ZnS, FeS, NiS	PbS, CuS, Ag ₂ S, (CdS)
沈殿の色	ZnS; 白色、その他; 黒色 (CdS: 黄色)	





水溶液

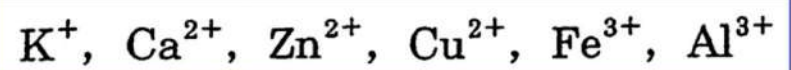


希塩酸を加える。

沈殿



ろ液



熱水を加える。

沈殿A



ろ液



過剰のアンモニア
水を加える。

クロム酸カリウム
水溶液を加える。

溶液 I



沈殿B

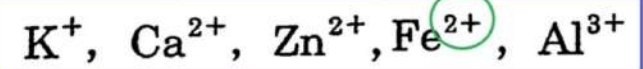


沈殿C



硫化水素を通す。

ろ液



硝酸
せた
モニ

クロム酸塩の沈殿

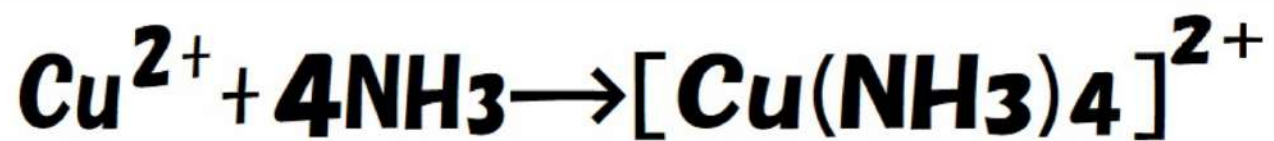
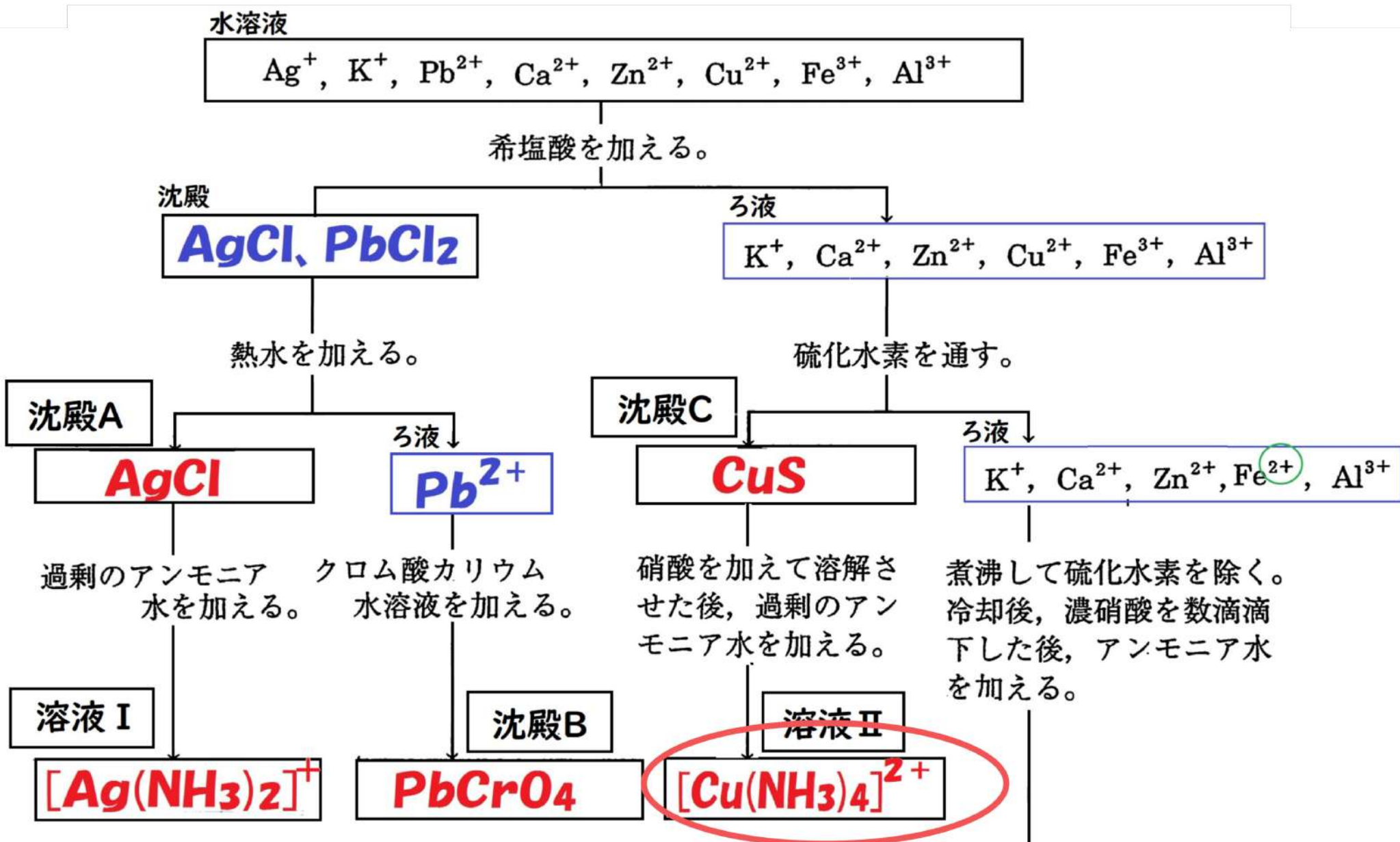
CrO_4^{2-} による沈殿の形成



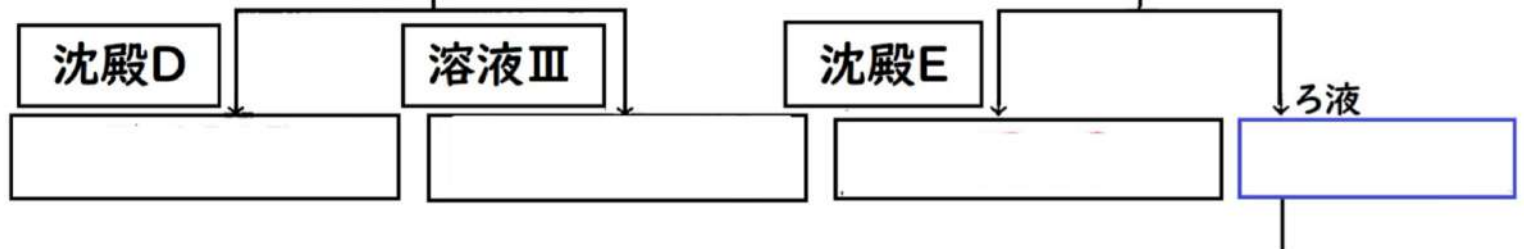
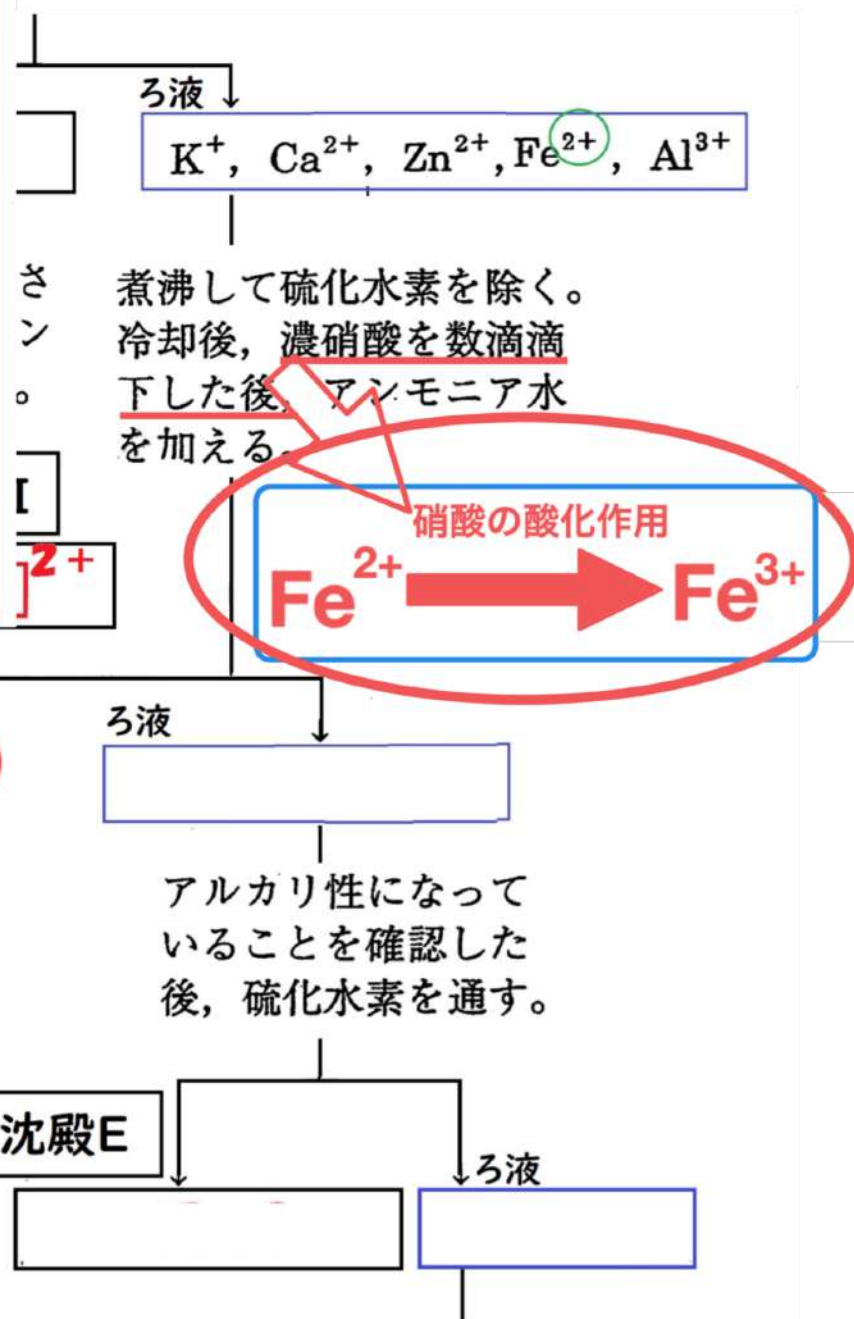
黄色

暗赤色

く。
商
水

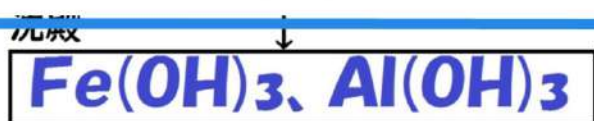


		適量のOH ⁻ を加えると沈殿を形成するイオン	
		Zn ²⁺	Cu ²⁺ , Ag ⁺
沈殿の化学式		Zn(OH) ₂	Cu(OH) ₂ , Ag ₂ O
沈殿の色		白色	Cu(OH) ₂ ; 青白色、Ag ₂ O; 暗褐色
沈殿の溶解性	過剰のNH ₃ 水に	溶解する (○) [Zn(NH ₃) ₄] ²⁺	溶解する (○) [Cu(NH ₃) ₄] ²⁺ , [Ag(NH ₃) ₂] ⁺
	過剰のNaOHaqに	溶解する (○) [Zn(OH) ₄] ²⁻	溶解しない (×) —
		適量のOH ⁻ を加えると沈殿を形成するイオン	
		Al ³⁺ , Pb ²⁺	Fe ³⁺
沈殿の化学式		Al(OH) ₃ , Pb(OH) ₂	Fe(OH) ₃
沈殿の色		白色	赤褐色
沈殿の溶解性	過剰のNH ₃ 水に	溶解しない (×) —	溶解しない (×) —
	過剰のNaOHaqに	溶解する (○) [Al(OH) ₄] ⁻ , [Pb(OH) ₄] ²⁻	溶解しない (×) —

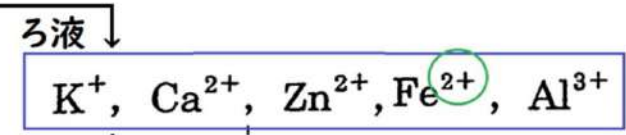
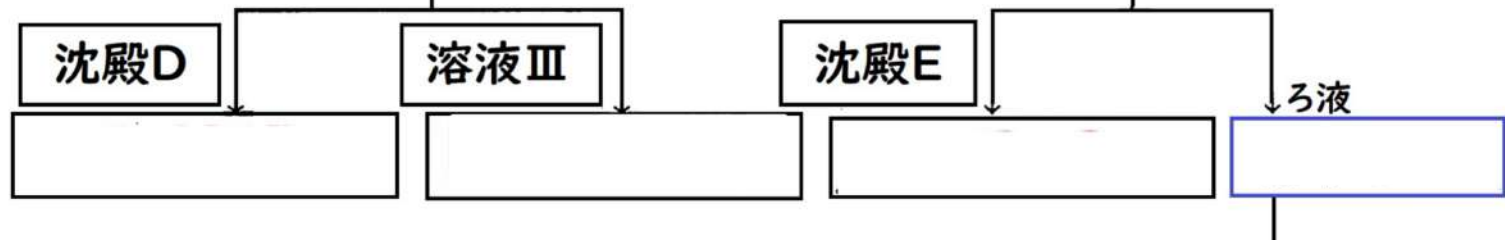


		適量のOH ⁻ を加えると沈殿を形成するイオン	
		Zn ²⁺	Cu ²⁺ , Ag ⁺
沈殿の化学式		Zn(OH) ₂	Cu(OH) ₂ , Ag ₂ O
沈殿の色		白色	Cu(OH) ₂ ; 青白色, Ag ₂ O; 暗褐色
沈殿の溶解性	過剰のNH ₃ 水に	溶解する (○) [Zn(NH ₃) ₄] ²⁺	溶解する (○) [Cu(NH ₃) ₄] ²⁺ , [Ag(NH ₃) ₂] ⁺
	過剰のNaOHaqに	溶解する (○) [Zn(OH) ₄] ²⁻	溶解しない (×) —

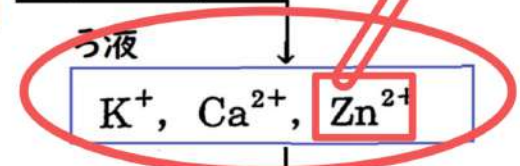
		適量のOH ⁻ を加えると沈殿を形成するイオン	
		Al ³⁺ , Pb ²⁺	Fe ³⁺
沈殿の化学式		Al(OH) ₃ , Pb(OH) ₂	Fe(OH) ₃
沈殿の色		白色	赤褐色
沈殿の溶解性	過剰のNH ₃ 水に	溶解しない (×) —	溶解しない (×) —
	過剰のNaOHaqに	溶解する (○) [Al(OH) ₄] ⁻ , [Pb(OH) ₄] ²⁻	溶解しない (×) —



過剰の水酸化ナトリウム水溶液を加える。



煮沸して硫化水素を除く。
冷却後、濃硝酸を数滴滴下した後、アンモニア水を加える。



アルカリ性になっていることを確認した後、硫化水素を通す。

		適量のOH ⁻ を加えると沈殿を形成するイオン	
		Zn ²⁺	Cu ²⁺ , Ag ⁺
沈殿の化学式		Zn(OH) ₂	Cu(OH) ₂ , Ag ₂ O
沈殿の色		白色	Cu(OH) ₂ ; 青白色、Ag ₂ O; 暗褐色
沈殿の溶解性	過剰のNH ₃ 水に	溶解する (○) [Zn(NH ₃) ₄] ²⁺	溶解する (○) [Cu(NH ₃) ₄] ²⁺ , [Ag(NH ₃) ₂] ⁺
	過剰のNaOHaqに	溶解する (○) [Zn(OH) ₄] ²⁻	溶解しない (×) —
		適量のOH ⁻ を加えると沈殿を形成するイオン	
		Al ³⁺ , Pb ²⁺	Fe ³⁺
沈殿の化学式		Al(OH) ₃ , Pb(OH) ₂	Fe(OH) ₃
沈殿の色		白色	赤褐色
沈殿の溶解性	過剰のNH ₃ 水に	溶解しない (×) —	溶解しない (×) —
	過剰のNaOHaqに	溶解する (○) [Al(OH) ₄] ⁻ , [Pb(OH) ₄] ²⁻	溶解しない (×) —

沈殿

Fe(OH)₃, Al(OH)₃

過剰の水酸化ナトリウム水溶液を加える。

沈殿D

Fe(OH)₃

溶液Ⅲ

沈殿E

ろ液

K⁺, Ca²⁺, Zn²⁺

アルカリ性になっていることを確認した後、硫化水素を通す。

ろ液

ろ液

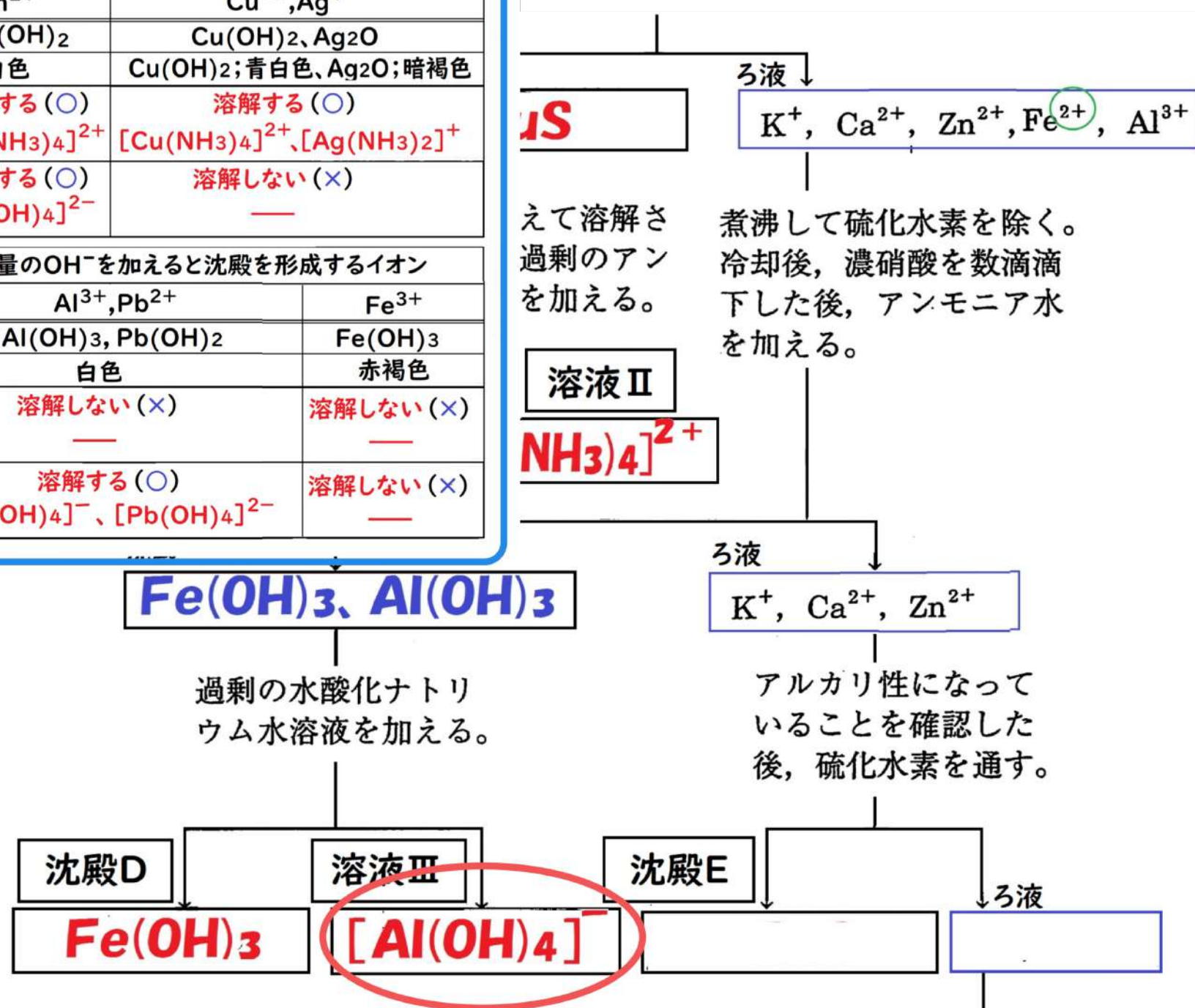
K⁺, Ca²⁺, Zn²⁺, Fe²⁺, Al³⁺

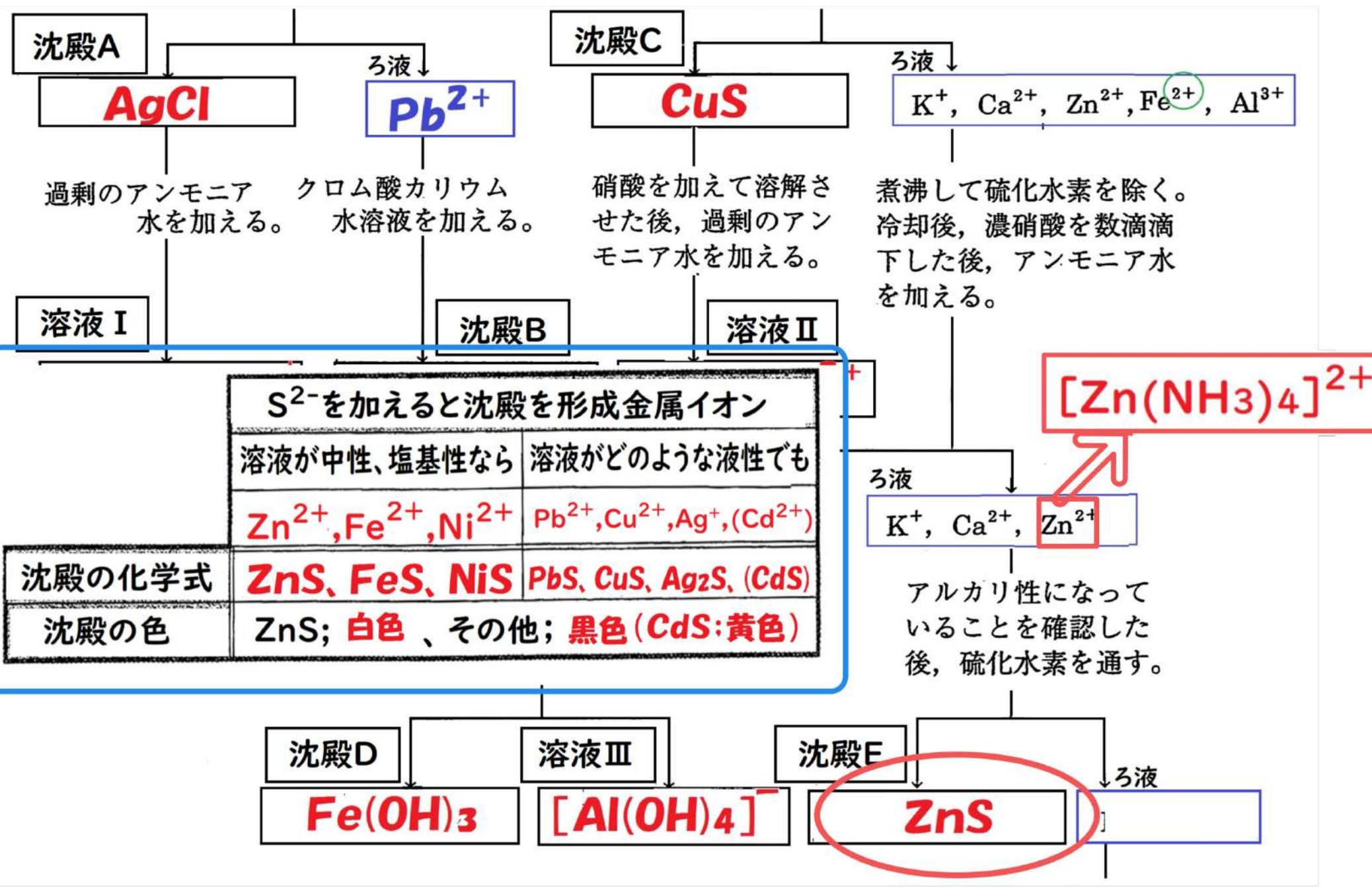
煮沸して硫化水素を除く。
冷却後、濃硝酸を数滴滴下した後、アンモニア水を加える。

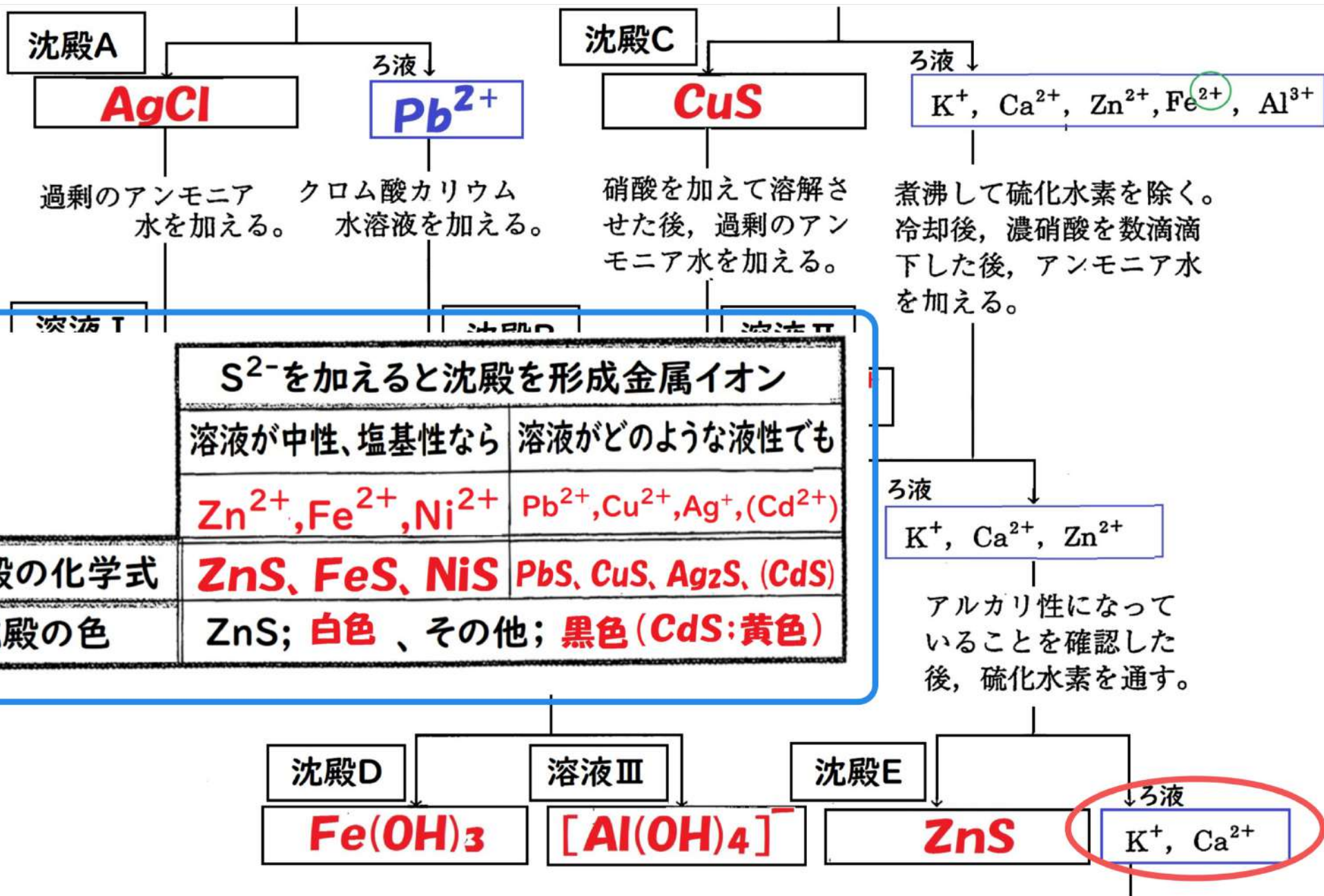
+

		適量のOH ⁻ を加えると沈殿を形成するイオン	
		Zn ²⁺	Cu ²⁺ , Ag ⁺
沈殿の化学式		Zn(OH) ₂	Cu(OH) ₂ , Ag ₂ O
沈殿の色		白色	Cu(OH) ₂ ; 青白色, Ag ₂ O; 暗褐色
沈殿の溶解性	過剰のNH ₃ 水に	溶解する (○) [Zn(NH ₃) ₄] ²⁺	溶解する (○) [Cu(NH ₃) ₄] ²⁺ , [Ag(NH ₃) ₂] ⁺
	過剰のNaOHaqに	溶解する (○) [Zn(OH) ₄] ²⁻	溶解しない (×) —

		適量のOH ⁻ を加えると沈殿を形成するイオン	
		Al ³⁺ , Pb ²⁺	Fe ³⁺
沈殿の化学式		Al(OH) ₃ , Pb(OH) ₂	Fe(OH) ₃
沈殿の色		白色	赤褐色
沈殿の溶解性	過剰のNH ₃ 水に	溶解しない (×) —	溶解しない (×) —
	過剰のNaOHaqに	溶解する (○) [Al(OH) ₄] ⁻ , [Pb(OH) ₄] ²⁻	溶解しない (×) —



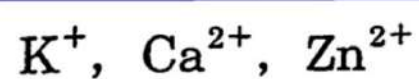




沈殿



ろ液



過剰の水酸化ナトリウムを加える

アルカリ性になって
いることを確認した
後、酸化水素を通す。

	CO_3^{2-} を加える		SO_4^{2-} を加える	
	Ca^{2+}	Ba^{2+}	Ca^{2+}	Ba^{2+}
沈殿の化学式	CaCO_3	BaCO_3	CaSO_4	BaSO_4
沈殿の色	白色	白色	白色	白色
沈殿の再溶解	弱酸の塩なので、 硝酸の水溶液に溶解する。		強酸の塩なので、 硝酸の水溶液にも溶解しない。	

ろ液



炭酸アンモニウム
水溶液を加える。

沈殿F

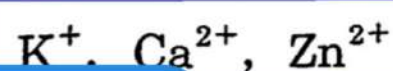


溶液IV

沈殿



ろ液



CO_3^{2-} を加える

SO_4^{2-} を加える



沈殿の化学式



沈殿の色

白色

白色

白色

白色

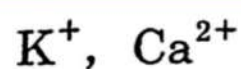
沈殿の再溶解

弱酸の塩なので、
硝酸の水溶液に溶解する。

強酸の塩なので、
硝酸の水溶液にも溶解しない。

カリ性になって
ことを確認した
硫化水素を通す。

ろ液



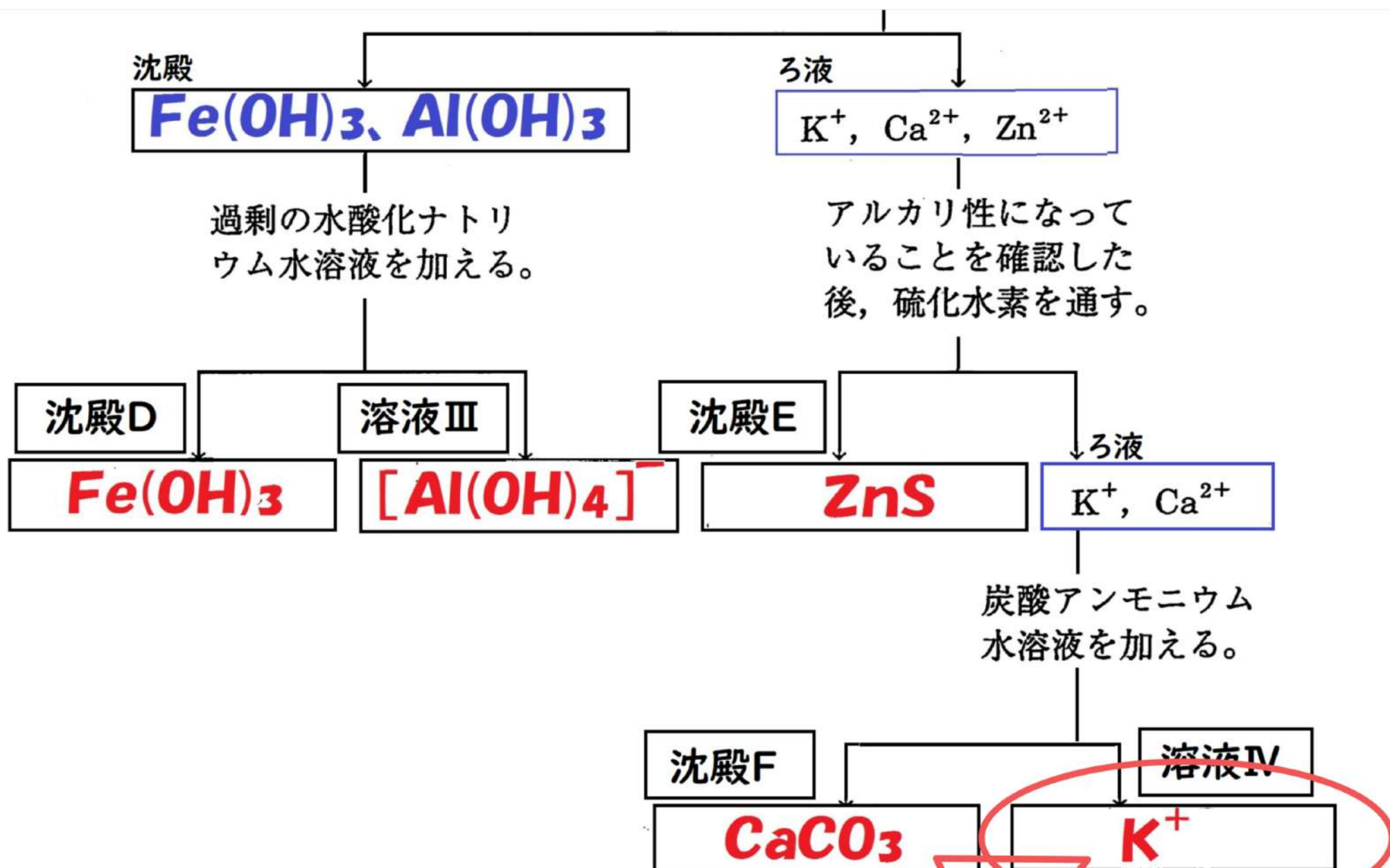
炭酸アンモニウム
水溶液を加える。

沈殿F



溶液IV

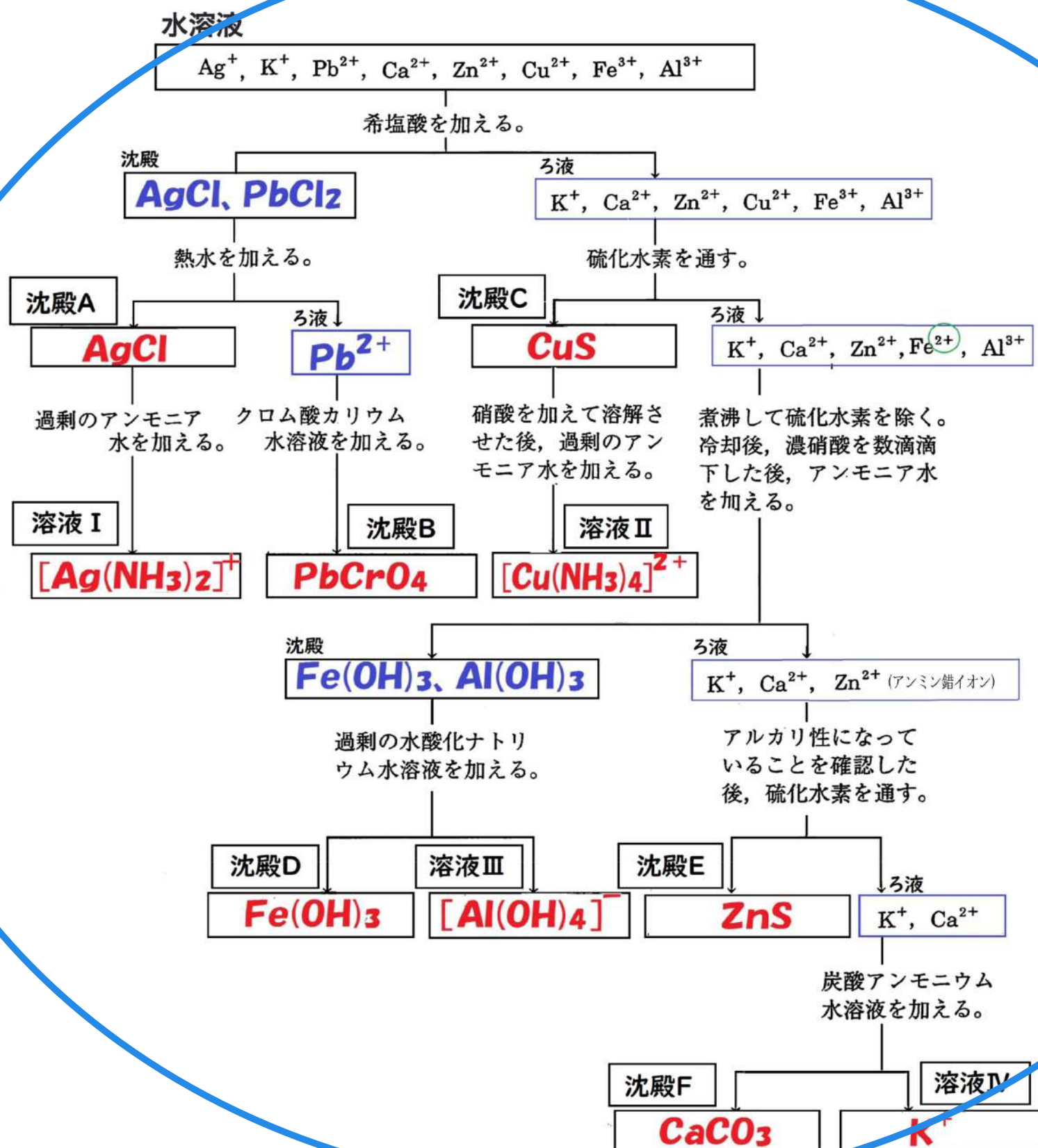




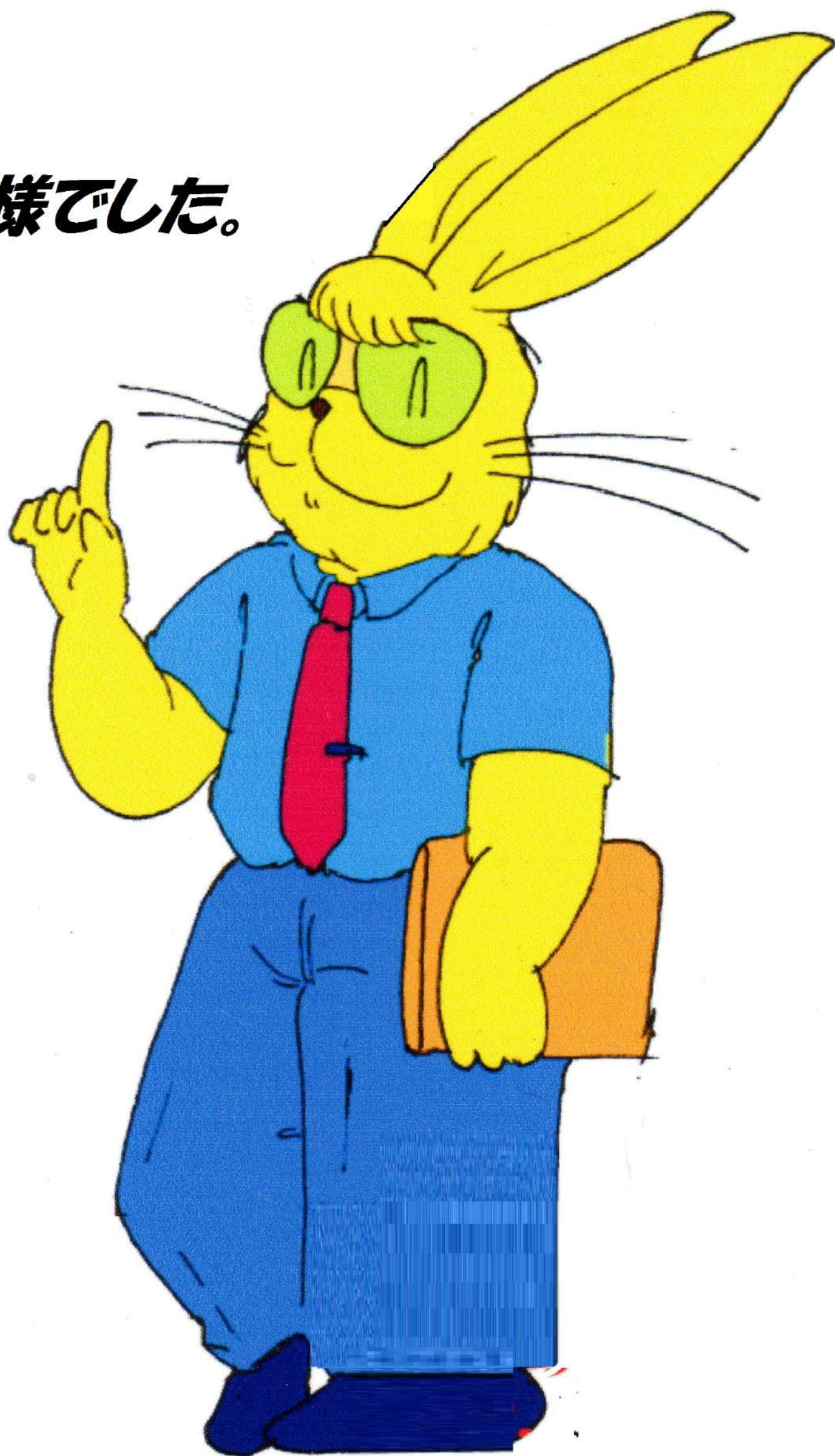
炎色反応(赤紫色)で確認する。

	Ca²⁺	Ba²⁺	Na⁺	K⁺
炎色反応	橙赤色	黄緑色	黄色	赤紫色

問6 次の系統分離図の空欄に適切な化学式(イオン式を含む)を記入せよ。



お疲れ様でした。

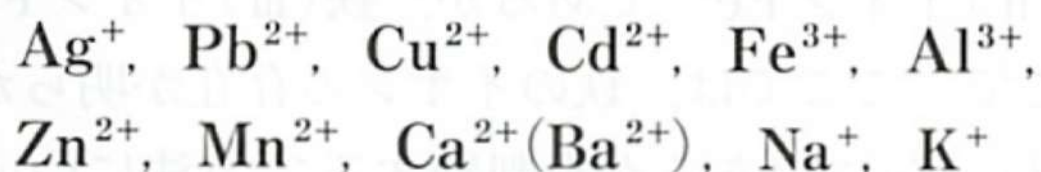


最初の頃はひたすら覚えた。

Cl ⁻ で沈殿するのは	Ag ⁺		Pb ²⁺	
	ぎん Ag	なま Pb	で 苦労 Cl	するが、
酸性でも、S ²⁻ で沈殿するのは	Cu ²⁺	Ag ⁺		Pb ²⁺
	かっぱ Cu	らった	ぎん Ag	なま Pb は
塩基性なら、S ²⁻ で沈殿するのは	Zn ²⁺	Fe ²⁺		Ni ²⁺
	あ Zn	て Fe	に Ni	できんし、
OH ⁻ で沈殿するが、過剰の NaOHaq に溶けるのは	Al ³⁺	Zn ²⁺	Sn ²⁺	Pb ²⁺
	あ Al	あ Zn	すん Sn	な りとは Pb
OH ⁻ で沈殿するが、過剰の NH ₃ 水に溶けるのは	Ag ⁺	Cu ²⁺	Ni ²⁺	Zn ²⁺
	銀 Ag	行員には Cu	どー Ni	に も 会えん し、 Zn
OH ⁻ で沈殿するが、過剰の NaOHaq にも過剰の NH ₃ 水にも溶けないのは	Fe ²⁺		Fe ³⁺	
	鋼 鉄 製の貯金箱を Fe			
アルカリ土類金属のイオンを沈殿させるのは	C ₂ O ₄ ²⁻		SO ₄ ²⁻	CO ₃ ²⁻
	手 シュウ酸	りゅう 硫酸	弾 炭酸	で爆破しよ。

やがてパターンが見えてきた。

金属イオンの系統分離



金属イオンとしては、上記の枠内の金属イオン中のいくつかだけを
含む水溶液を試料として、次の[操作Ⅰ]～[操作Ⅵ]を順に行った
後、以下のような沈殿(炎色反応)が生じたとすれば、矢印(→)の
右に示したイオンが含まれていることがわかる。

[操作Ⅰ] 希塩酸 HCl を加える。

- ① 熱水に溶ける白色沈殿 → 鉛(Ⅱ)イオン Pb^{2+}
- ② アンモニア NH_3 水に溶ける白色沈殿 → 銀イオン Ag^+

[操作Ⅱ] 次に、ろ液に硫化水素 H_2S を通じる。

- ① 黒色沈殿 → 銅(Ⅱ)イオン Cu^{2+}
- ② 黄色沈殿 → カドミウムイオン Cd^{2+}

[操作Ⅲ] 次に、(煮沸し、硝酸 HNO_3 を加えた後)ろ液にアンモ
ニア NH_3 水を過剰に加える。

- ① 赤褐色沈殿 → 鉄(Ⅲ)イオン Fe^{3+}
- ② 白色沈殿 → アルミニウムイオン Al^{3+}

[操作Ⅳ] 再び、ろ液に硫化水素 H_2S を通じる。

- ① 白色沈殿 → 亜鉛イオン Zn^{2+}
- ② 桃色沈殿 → マンガン(Ⅱ)イオン Mn^{2+}

[操作Ⅴ] 次に、ろ液に炭酸アンモニウム $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 水溶液を加
える。

白色沈殿 → カルシウムイオン Ca^{2+} (バリウムイオン Ba^{2+})

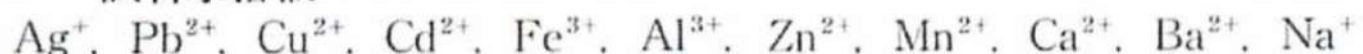
[操作Ⅵ] 最後に、ろ液について炎色反応を調べる。

- ① 黄色の炎色反応 → ナトリウムイオン Na^+
- ② 赤紫色の炎色反応 → カリウムイオン K^+

ちょっとは得意になってきた。

【操作の手順】

試料水溶液



【操作Ⅰ】 試料水溶液に希塩酸 HCl を加える。

【操作Ⅱ】 沈殿をろ別し、ろ液(酸性)に硫化水素 H_2S を通じる。

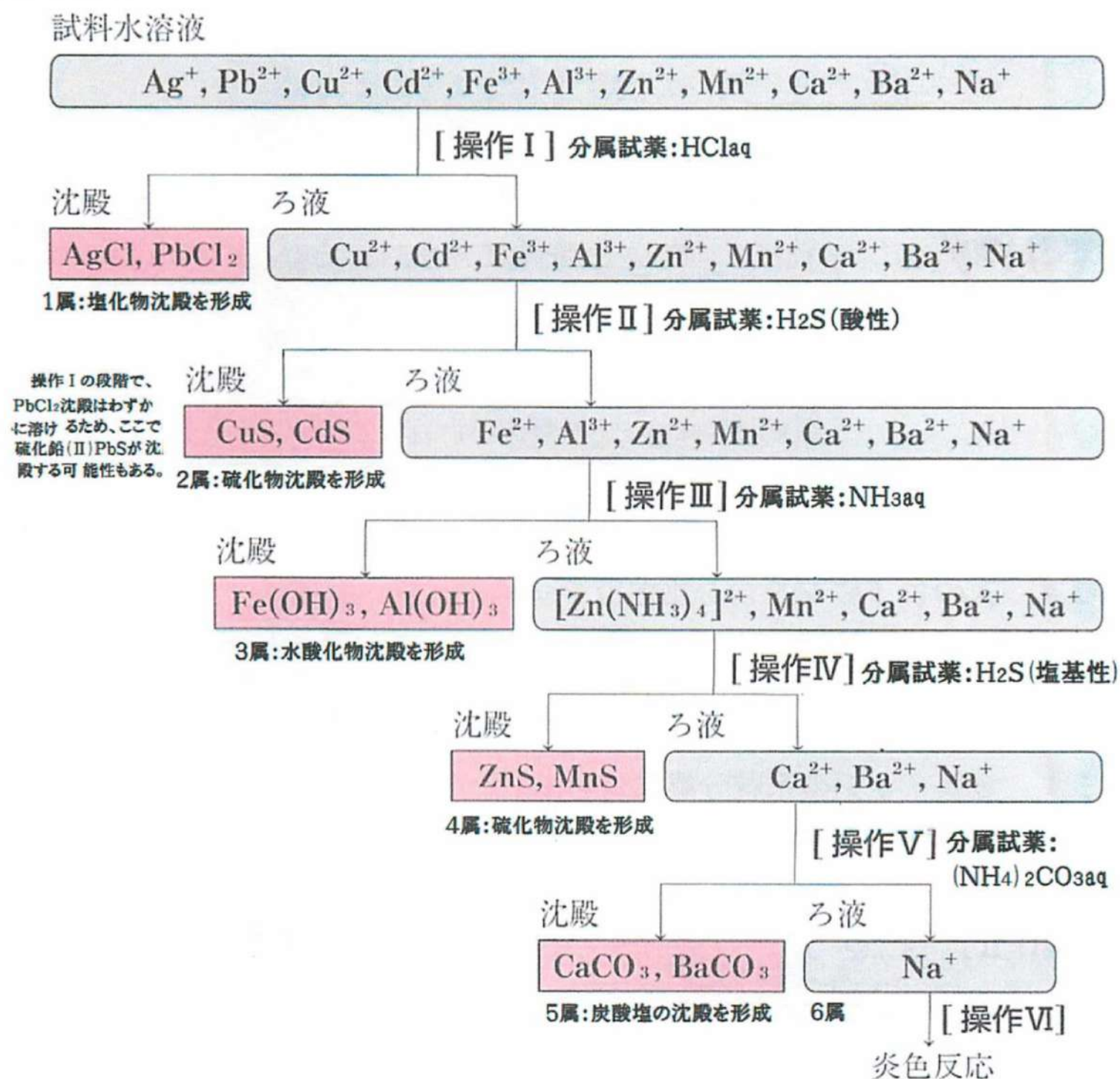
【操作Ⅲ】 上記の操作の終了後、沈殿をろ別する。さらに、ろ液を煮沸し、硝酸 HNO_3 を加える。その後、ろ液にアンモニア NH_3 水を過剰に加える。

【操作Ⅳ】 沈殿をろ別し、ろ液(塩基性)に硫化水素 H_2S を通じる。

【操作Ⅴ】 上記の操作の終了後、沈殿をろ別する(さらに、ろ液を煮沸する)。ろ液に炭酸アンモニウム $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 水溶液を加える。

【操作Ⅵ】 上記の操作の終了後、沈殿をろ別し、ろ液について炎色反応を調べる。

【流れ図】

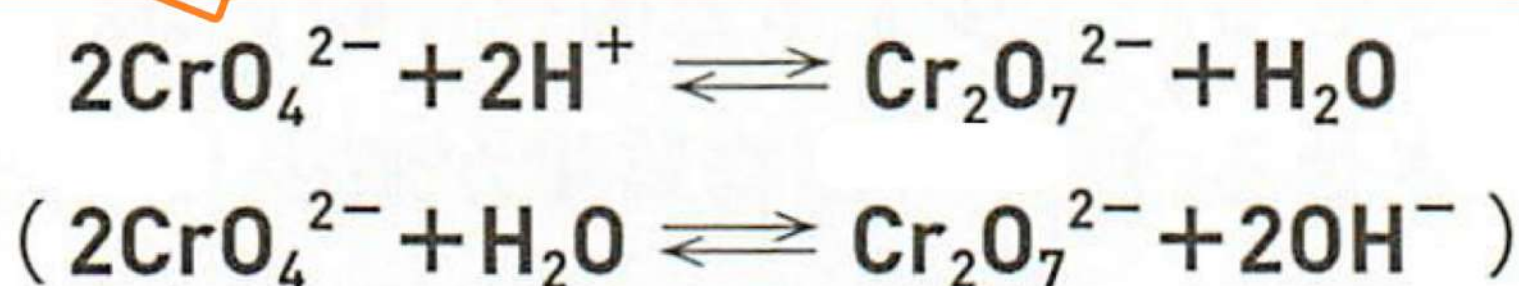


以下は、心配ならばのコメントです・・・試料水溶液に、 K^+ 、 Sr^{2+} 、 Cr^{3+} 、 Co^{2+} 、 Ni^{2+} 、 Sn^{2+} 、 Hg_2^{2+} などが含まれれば、操作Ⅰ後に Hg_2Cl_2 が沈殿し、操作Ⅱ後に SnS が沈殿する。操作Ⅲ後に $\text{Cr}(\text{OH})_3$ が沈殿し、ろ液中に Co^{2+} と Ni^{2+} のアンミン錯イオンが残り、操作Ⅳ後に CoS および NiS が沈殿する。操作Ⅴ後には SrCO_3 が沈殿し、ろ液中に K^+ が残る。ちなみに、操作Ⅱでは硫黄 S も沈殿する($2\text{Fe}^{3+} + \text{H}_2\text{S} \rightarrow 2\text{Fe}^{2+} + 2\text{H}^+ + \text{S}$)。

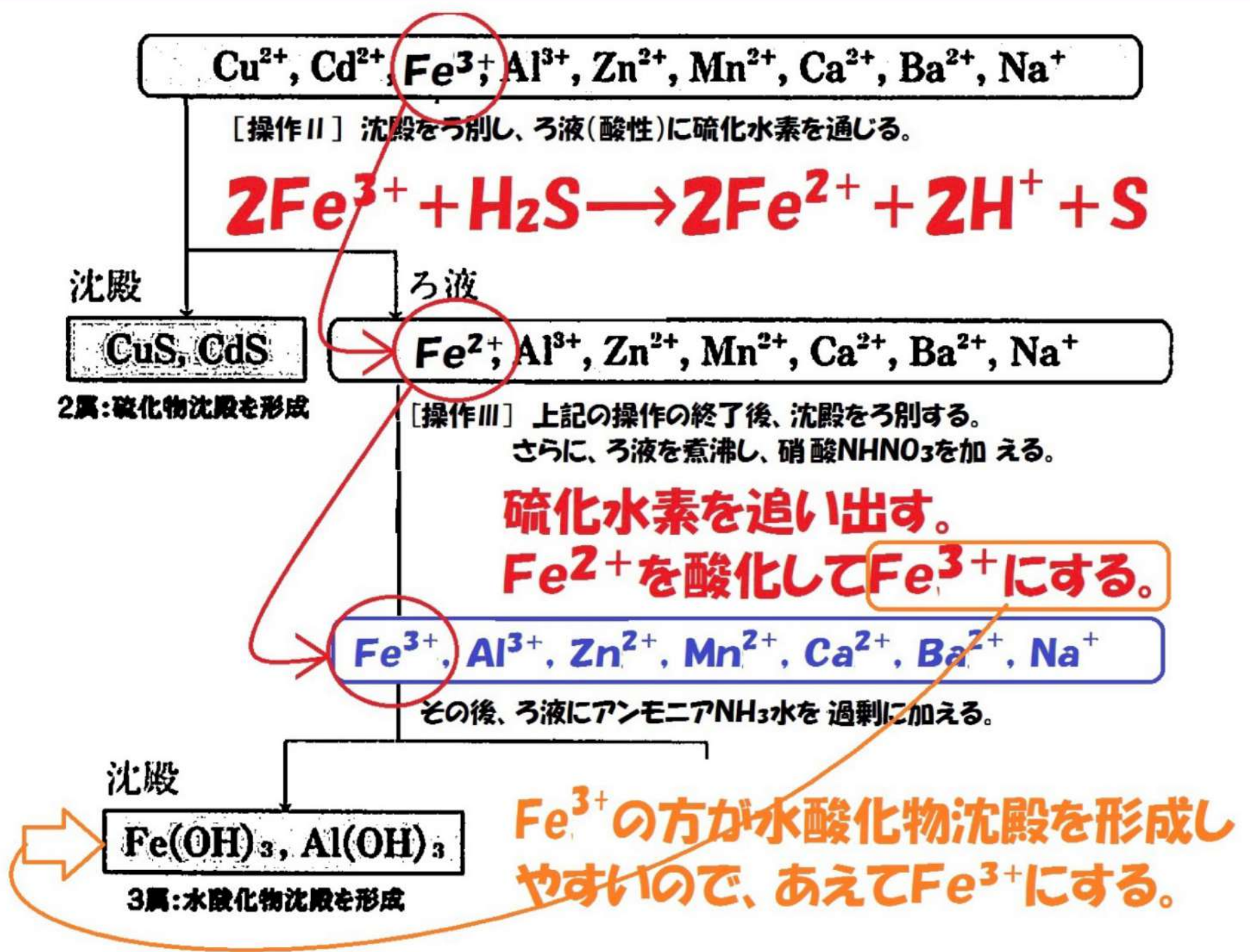
追加の知識

$C_2O_4^{2-}$ による沈殿の形成		CrO_4^{2-} による沈殿の形成
Ca^{2+}		Ba^{2+}
化学式	CaC_2O_4	$BaCrO_4$
色	白色	黄色
再溶解	硝酸aqに溶解する。	

$Cr_2O_7^{2-}$ によっても同様の沈殿が生成する。



より深い考察



金属イオンの系統分離

6種類の陽イオン(Ca^{2+} , Al^{3+} , Fe^{3+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} , Ag^{+})を含む水溶液がある。これらのイオンを分離するため、右図に示す操作を行った。ただし、分離は完全に行われたものとする。

問 1 図中の(ア)～(ウ)にもっとも適切な試薬を、次の中から選べ。
アンモニア水, 硝酸, 水酸化ナトリウム水溶液

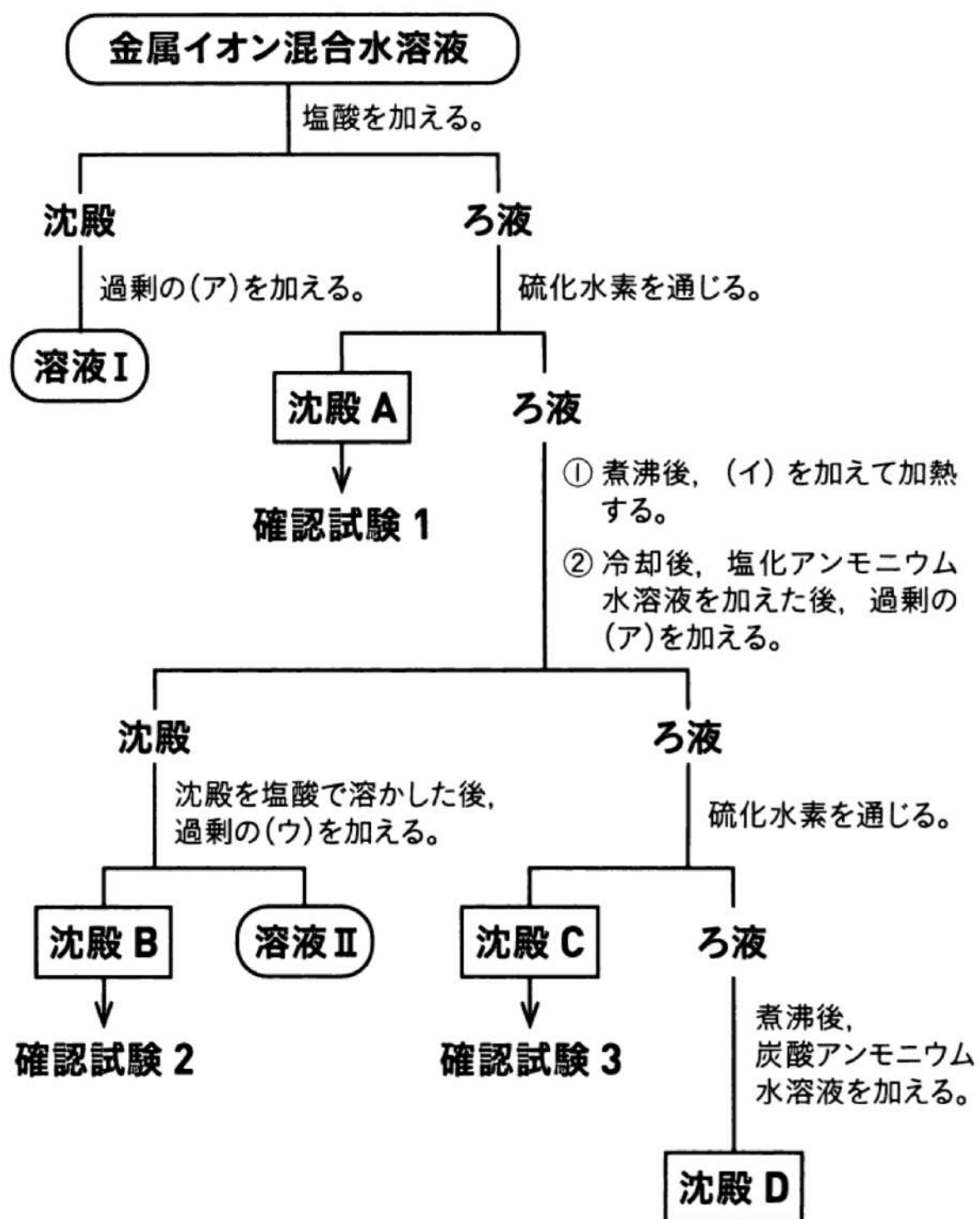
問 2 沈殿 A～D に相当する塩，溶液 I，II に含まれる錯イオンを，それぞれ化学式で示せ。

問 3 沈殿 A ～ C に含まれる金属イオンを確認するために、次に示す確認試験 1 ～ 3 を行った。下線部の錯塩，下線部の溶液に含まれる錯イオンを，それぞれ化学式で答えよ。

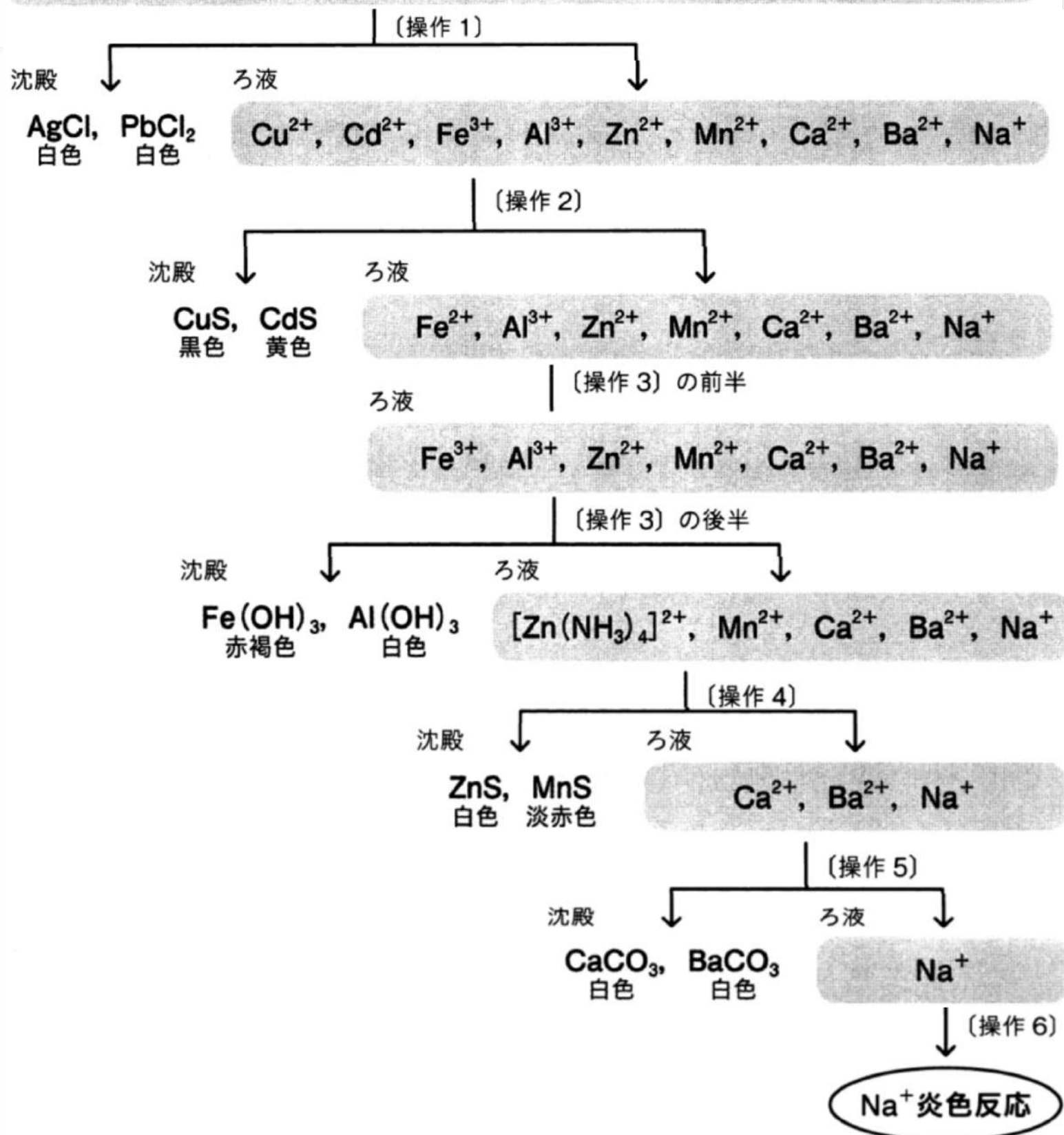
〈確認試験 1〉 沈殿 A を硝酸に加え，加熱して溶かした後，アンモニア水を過剰に加えると，溶液は深青色となった。

〈確認試験 2〉 沈殿 B を塩酸に溶かした後、ある錯塩の溶液を加えると、濃青色の沈殿を生じた。

〈確認試験 3〉 沈殿 C を塩酸に溶かし，煮沸後，水酸化ナトリウム水溶液を加えると，白色沈殿を生じた。さらに，水酸化ナトリウム水溶液を過剰に加えると，沈殿は溶けて無色透明の溶液となった。



Ag^+ , Pb^{2+} , Cu^{2+} , Cd^{2+} , Fe^{3+} , Al^{3+} , Zn^{2+} , Mn^{2+} , Ca^{2+} , Ba^{2+} , Na^+



問 1 (ア) アンモニア水

系統分離の解答

(イ) 硝酸

(ウ) 水酸化ナトリウム水溶液

問 2 沈殿 A CuS 沈殿 B Fe(OH)₃

沈殿 C ZnS 沈殿 D CaCO₃

溶液 I $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+$ 溶液 II $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$

問 3 〈確認試験 1〉 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$

〈確認試験 2〉 $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$

〈確認試験 3〉 $[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$

お疲れ様でした。

