

金属イオンの分離

沈殿Aについて 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金属イオン	
沈殿の化学式		
沈殿の色		
沈殿の溶解性		

沈殿Aについて 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金属イオン		
	Ag⁺	Pb²⁺
沈殿の化学式	AgCl	PbCl₂
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

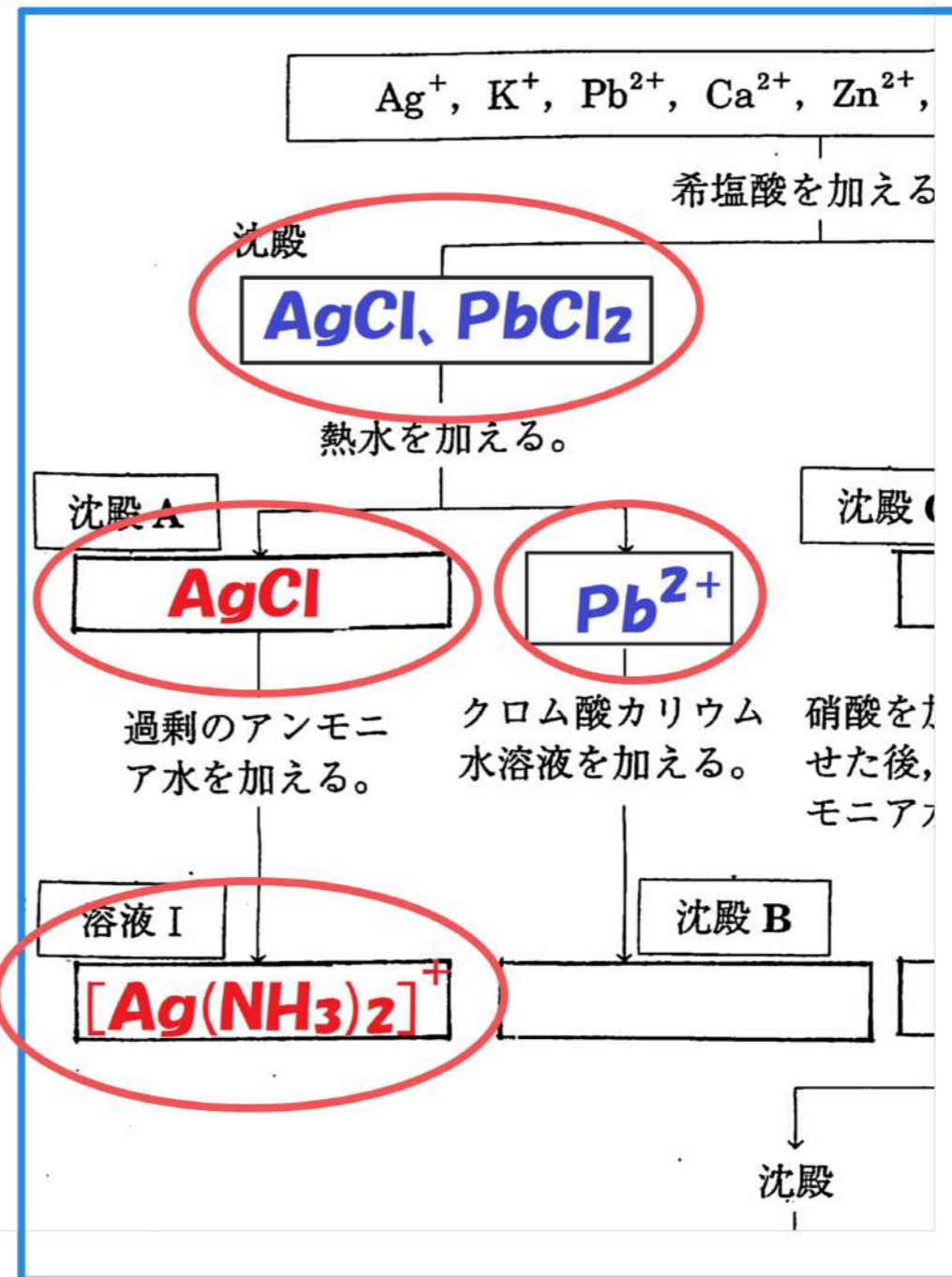
僕の高校時代には、こんな風に覚えていました。

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。



	Cl ⁻ を加えると沈殿を形成する金属イオン	
	Ag⁺	Pb²⁺
沈殿の化学式	AgCl	PbCl₂
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



沈殿Bについて クロム酸塩の沈殿

CrO ₄ ²⁻ (注)による沈殿の形成		
Ba ²⁺	Pb ²⁺	Ag ⁺

(注) Cr₂O₇²⁻によっても同様の沈殿が形成する。

沈殿Bについて

クロム酸塩の沈殿

CrO ₄ ²⁻ (注)による沈殿の形成		
Ba ²⁺	Pb ²⁺	Ag ⁺
BaCrO₄	PbCrO₄	Ag₂CrO₄
黄色		暗赤色

(注) Cr₂O₇²⁻によっても同様の沈殿が形成する。

【クロムイエロー】



ひまわり

フィンセント・ファン・ゴッホ

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、紫外線に変化することが主な原因と考えられている。

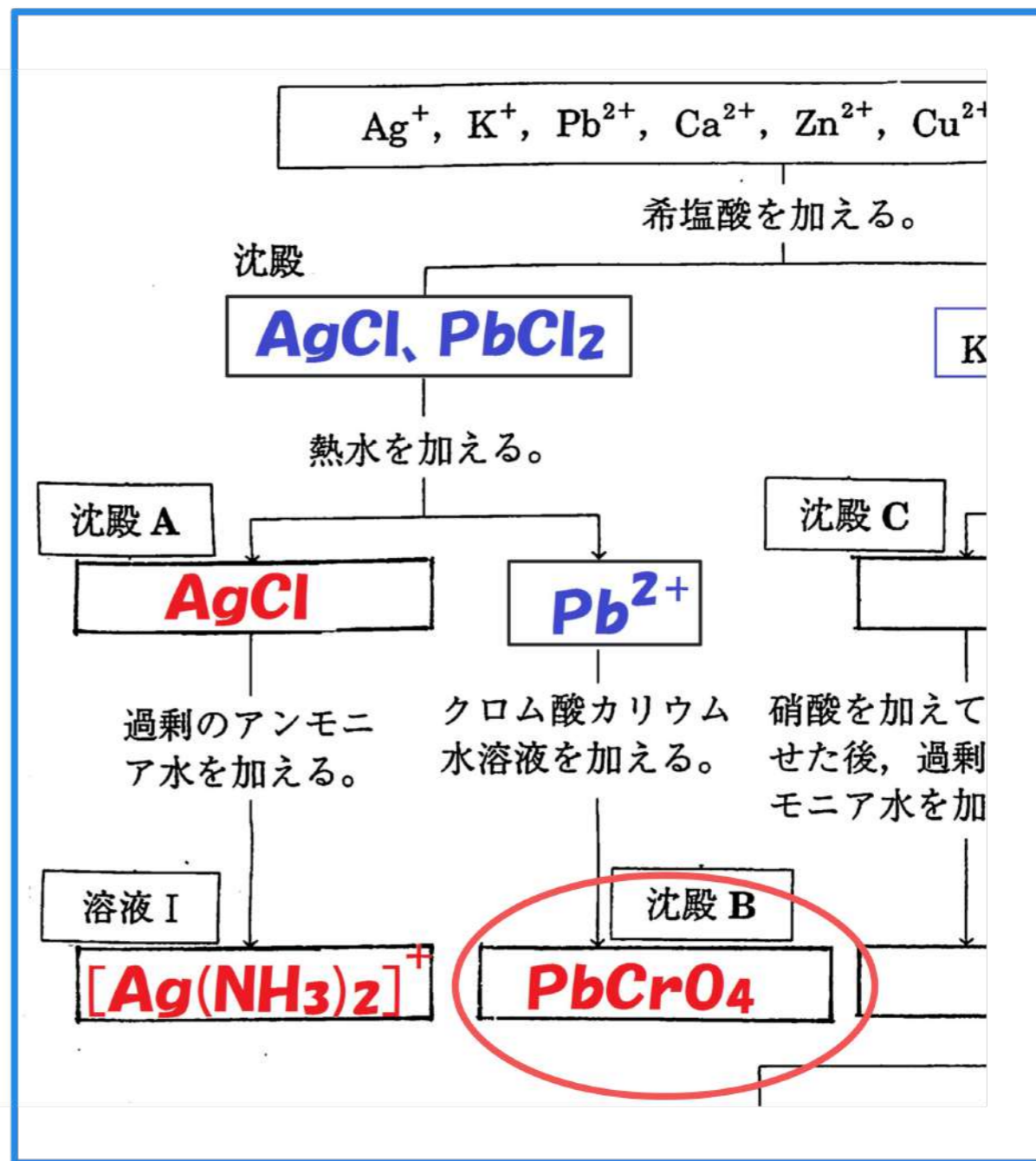
ゴッホが「ひまわり」などで愛用した山吹き色に近い黄色は「クロムイエロー」(黄鉛(おうえん))である。日光によって茶色になることは知られていたが、仕組みは不明だった。絵の具に含まれた六価クロムに毒性があることなどから、現在はほとんど使われていない。

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 $\text{Cr(VI)}=0$ 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収蔵

クロム酸塩の沈殿

CrO ₄ ²⁻ (注)による沈殿の形成		
Ba ²⁺	Pb ²⁺	Ag ⁺
BaCrO ₄	PbCrO ₄	Ag ₂ CrO ₄
黄色		暗赤色



沈殿C、Eについて 硫化物沈殿の形成

S ²⁻ を加えると沈殿を形成する金属イオン	
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 ;

沈殿C、Eについて 硫化物沈殿の形成

S ²⁻ を加えると沈殿を形成する金属イオン	
溶液が中性, 塩基性なら	溶液がどのような液性でも
Zn²⁺, Fe²⁺, Ni²⁺	Pb²⁺, Cu²⁺, Ag⁺, (Cd²⁺)
沈殿の化学式	ZnS, FeS, NiS PbS, CuS, Ag₂S, (CdS)
沈殿の色	ZnS ; 白色 (CdS:黄色) その他 ; 黒色

溶液が中性, 塩基性なら 沈殿を形成する。



溶液がどのような液性でも 沈殿を形成する。

僕の高校時代には、こんな風に覚えていました。

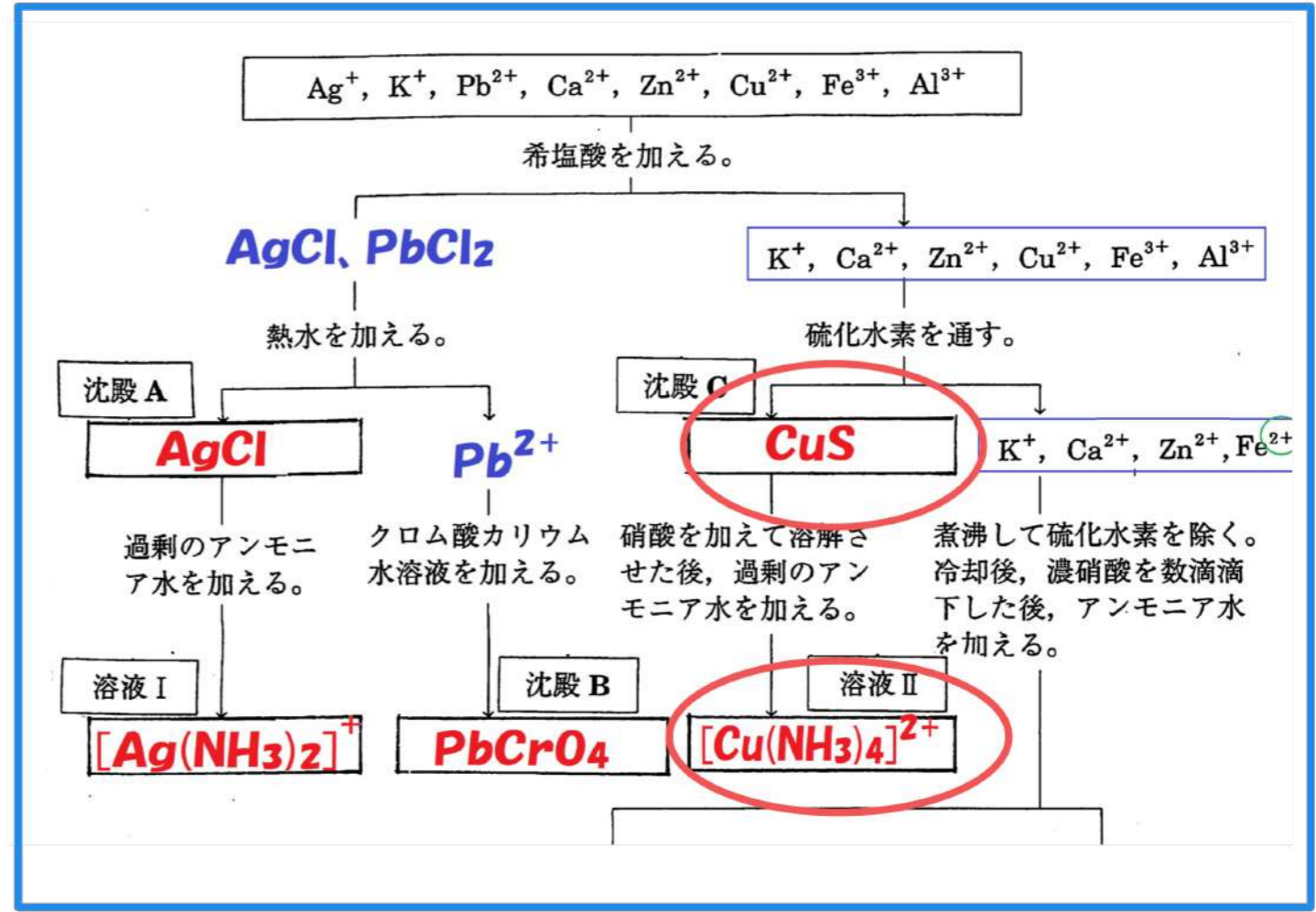
硫化物イオンによる沈殿(硫化物沈殿)の形成

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

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

S ²⁻ を加えると沈殿を形成する金属イオン	
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 (CdS:黄色) その他 ; 黒色



沈殿Dについて

水酸化物殿の形成、および、水酸化物沈殿の再溶解

		(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		

沈殿Dについて

水酸化物殿の形成、および、水酸化物沈殿の再溶解

		(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	[Zn(NH₃)₄]²⁺	[Cu(NH₃)₄]²⁺, [Ag(NH₃)₂]⁺
	過剰のNaOHaqに	[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	[Al(OH)₄]⁻, [Pb(OH)₄]²⁻	溶解しない。

沈殿Dについて 水酸化物殿の形成、および、水酸化物沈殿の再溶解

		(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	[Zn(NH ₃) ₄] ²⁺	[Cu(NH ₃) ₄] ²⁺ , [Ag(NH ₃) ₂] ⁺
	過剰のNaOHaqに	[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	
		Fe ³⁺	Al ³⁺ , Pb ²⁺
沈殿の化学式		Fe(OH) ₃	Al(OH) ₃ , Pb(OH) ₂
沈殿の色		赤褐色	白色
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	溶解しない。	[Al(OH) ₄] ⁻ , [Pb(OH) ₄] ²⁻

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(水酸化物沈殿)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)



【過剰のNH₃水に溶解する水酸化物(酸化物)沈殿】

(↓「あんまいだ」)



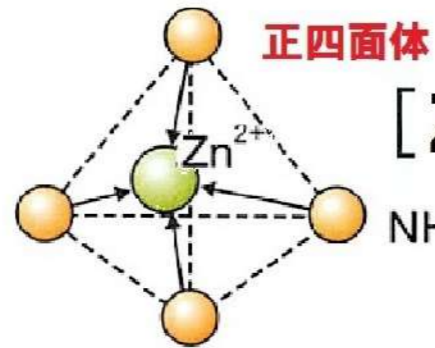
再確認

	過剰量のNaOH水溶液中で	過剰量のNH ₃ 水溶液中で
Al(OH) ₃	溶解; [Al(OH) ₄] ⁻ :無色	溶解しない。
Pb(OH) ₂	溶解; [Pb(OH) ₄] ²⁻ :無色	
Zn(OH) ₂	溶解; [Zn(OH) ₄] ²⁻ :無色	溶解; [Zn(NH ₃) ₄] ²⁺ :無色
Fe(OH) ₃	溶解しない。	溶解しない。
Cu(OH) ₂	溶解しない。	溶解; [Cu(NH ₃) ₄] ²⁺ :深青色
Ag ₂ O		溶解; [Ag(NH ₃) ₂] ⁺ :無色

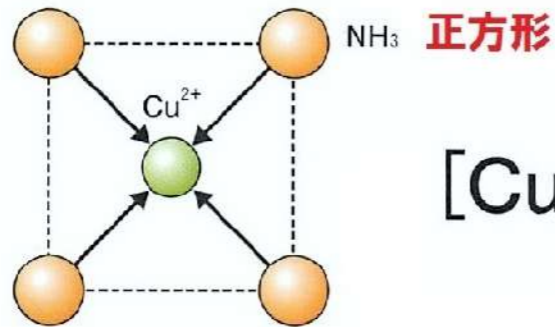
再確認

過剰量のNaOH水溶液中で

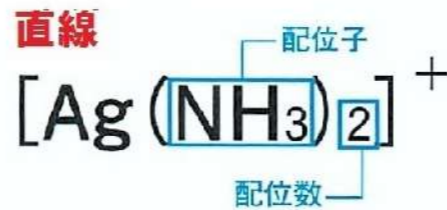
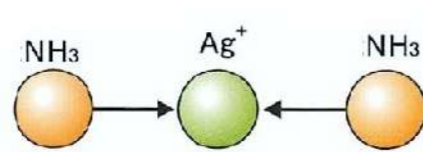
過剰量のNH₃水溶液中で



テトラアンミン亜鉛(II)イオン



テトラアンミン銅(II)イオン



ジアミン銀(I)イオン

溶解しない。

溶解； $[Zn(NH_3)_4]^{2+}$: 無色

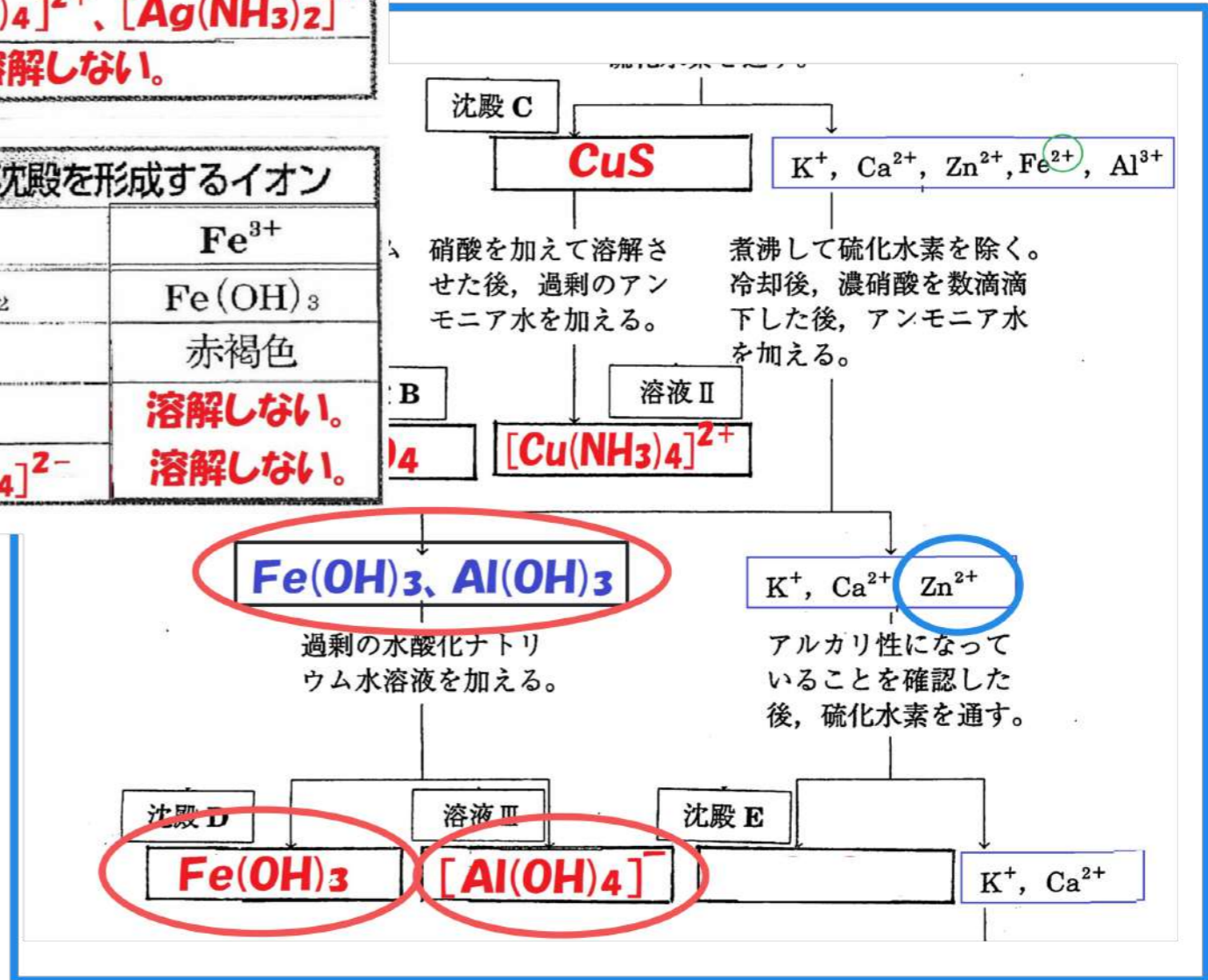
溶解しない。

溶解； $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$: 深青色

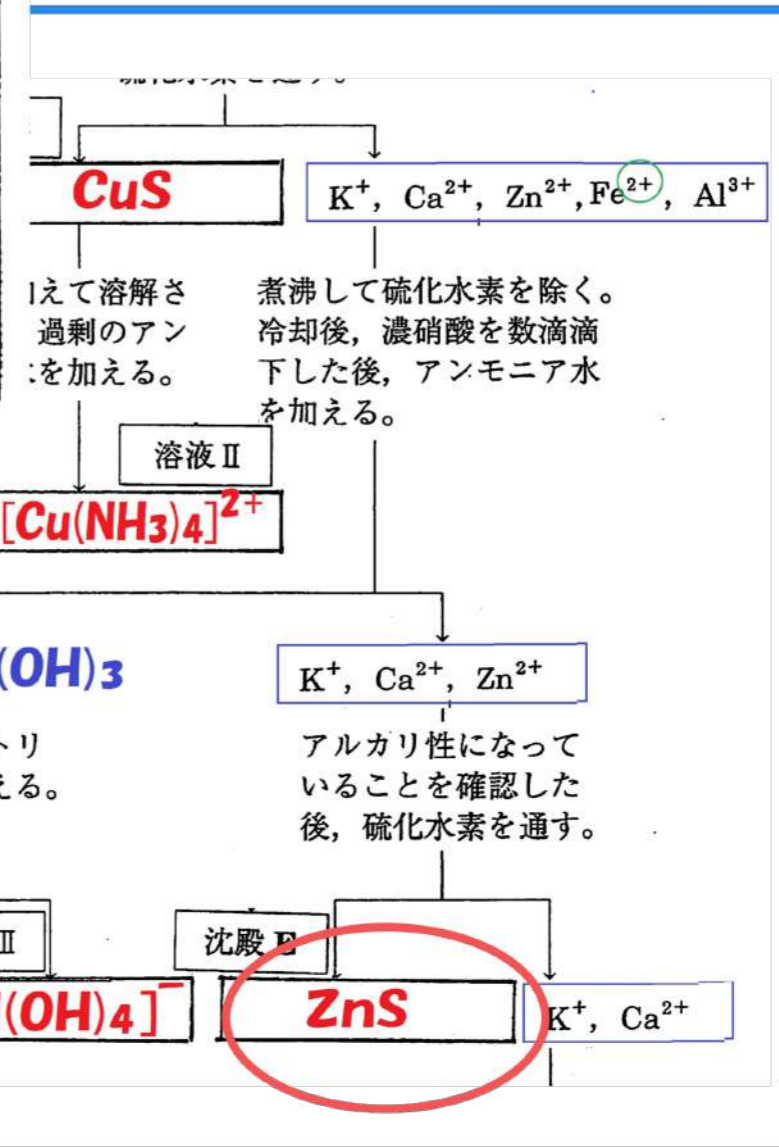
溶解； $[Ag(NH_3)_2]^+$: 無色

(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	[Zn(NH₃)₄]²⁺ [Cu(NH₃)₄]²⁺, [Ag(NH₃)₂]⁺
	過剰のNaOHaqに	[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	[Al(OH)₄]⁻, [Pb(OH)₄]²⁻	溶解しない。



S ²⁻ を加えると沈殿を形成する金属イオン	
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 (CdS: 黄色) その他 ; 黒色



<p>$C a^{2+}$ $B a^{2+}$の沈殿形成 $N a^{+}$ K^{+}の確認</p>			
<p>$C O_3^{2-}$による沈殿の形成</p>		<p>$S O_4^{2-}$による沈殿の形成</p>	
	<p>$C a^{2+}$ $B a^{2+}$</p>	<p>$C a^{2+}$ $B a^{2+}$</p>	<p>$C a^{2+}$ $B a^{2+}$</p>
沈	<p>すは、アルカリ土類金属のイオンとアルカリ金属のイオンだ！</p>		
殿	<p>再溶解</p>		

沈殿Fについて 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				

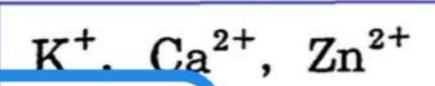
沈殿Fについて 炭酸塩の沈殿

	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。	

沈殿



ろ液



	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	CaCO₃	BaCO₃	CaSO₄	BaSO₄
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。

S

ろ液



炭酸アンモニウム
水溶液を加える。

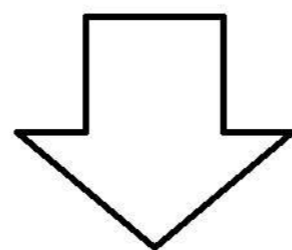
沈殿F



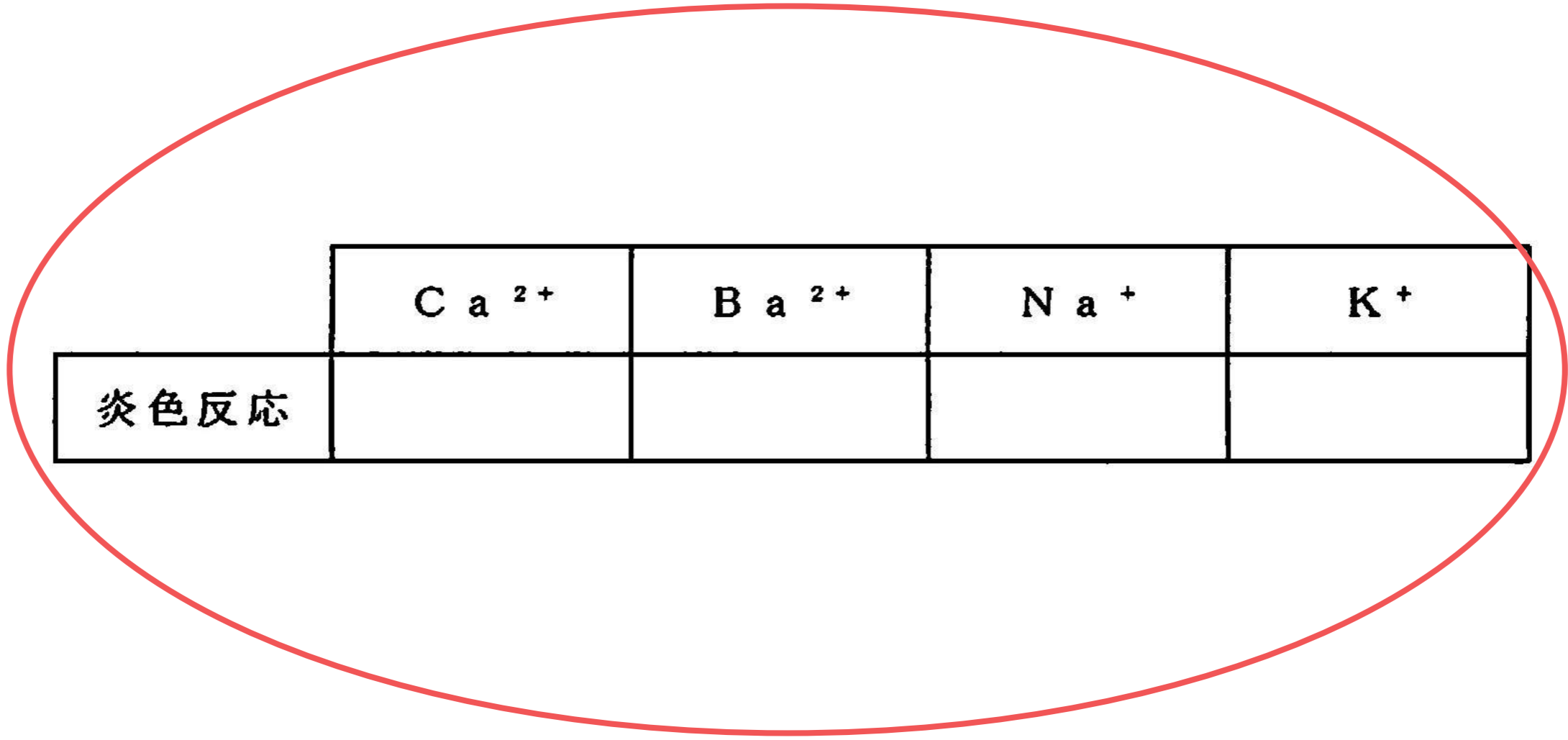
溶液IV



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



	Ca^{2+}	Ba^{2+}	Na^{+}	K^{+}
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

	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？



	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1の解答 ; 沈殿A [AgCl、②]、沈殿B [PbCrO₄、③]
沈殿C [CuS、①]、沈殿D [Fe(OH)₃、④]
沈殿E [ZnS、②]、沈殿F [CaCO₃、②]

問2の解答 ; $\text{AgCl} + 2\text{NH}_3 \longrightarrow [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+ + \text{Cl}^-$

問3の解答 ; ③

問4の解答 ; $[\text{Al}(\text{OH})_4]^-$

問5の解答 ; 炎色反応によって、炎が赤紫色になることを確認する。

お疲れ様でした。

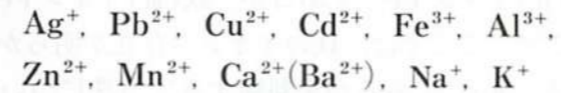


最初の頃はひたすら覚えた。

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 Ag	ぎん 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 できんし, Ni
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 な りとは Sn 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 にも 会えん し, Ni 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

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

【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。

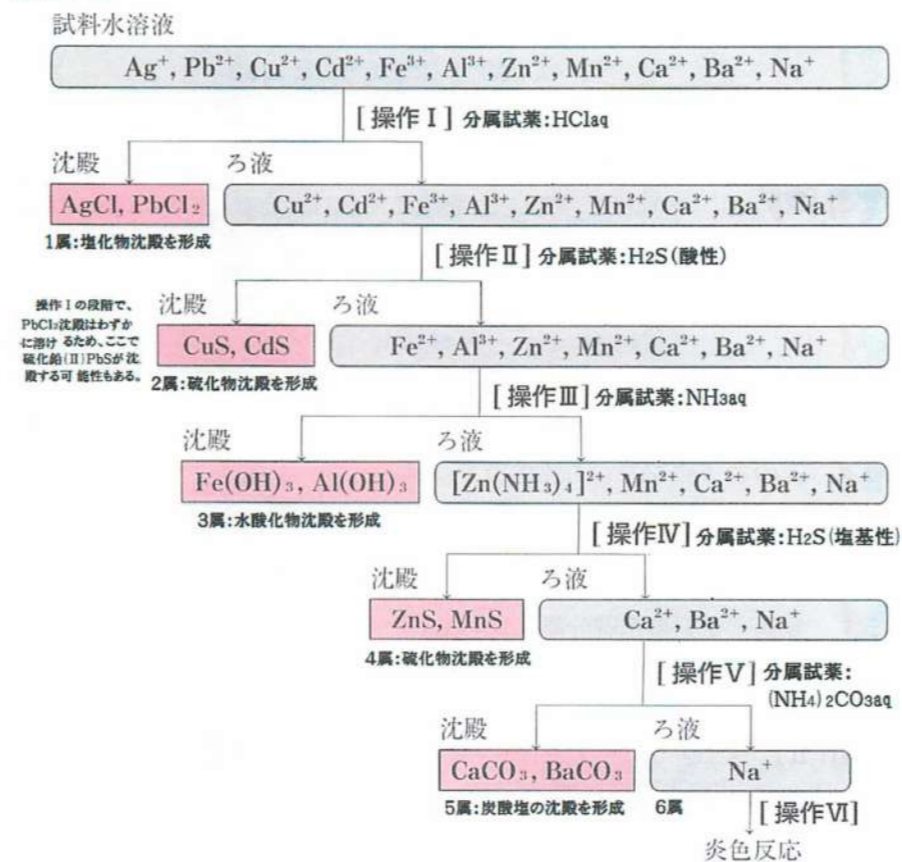
【操作Ⅲ】 上記の操作の終了後、沈殿をろ別する。さらに、ろ液を煮沸し、硝酸 HNO_3 を加える。その後、ろ液にアンモニア NH_3 水を過剰に加える。

【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】

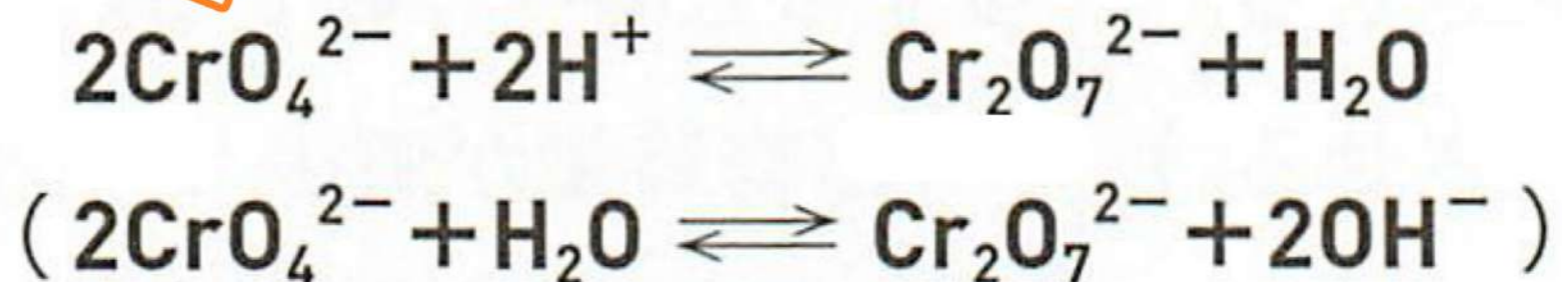


以下は、心配ならばのコメントです・・・試料水溶液に、 K^+ 、 Sr^{2+} 、 Cr^{3+} 、 Co^{2+} 、 Ni^{2+} 、 Sn^{2+} 、 Hg_2^{2+} などが含まれれば、操作Ⅰ後に Hg_2Cl_2 が沈殿し、操作Ⅱ後に SnS が沈殿する。操作Ⅲ後に $\text{Cr}(\text{OH})_3$ が沈殿し、ろ液中に Co^{2+} と Ni^{2+} のアンミン錯イオンが残り、操作Ⅳ後に CoS および NiS が沈殿する。操作Ⅴ後には SrCO_3 が沈殿し、ろ液中に K^+ が残る。ちなみに、操作Ⅱでは硫黄も沈殿する($2\text{Fe}^{3+}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

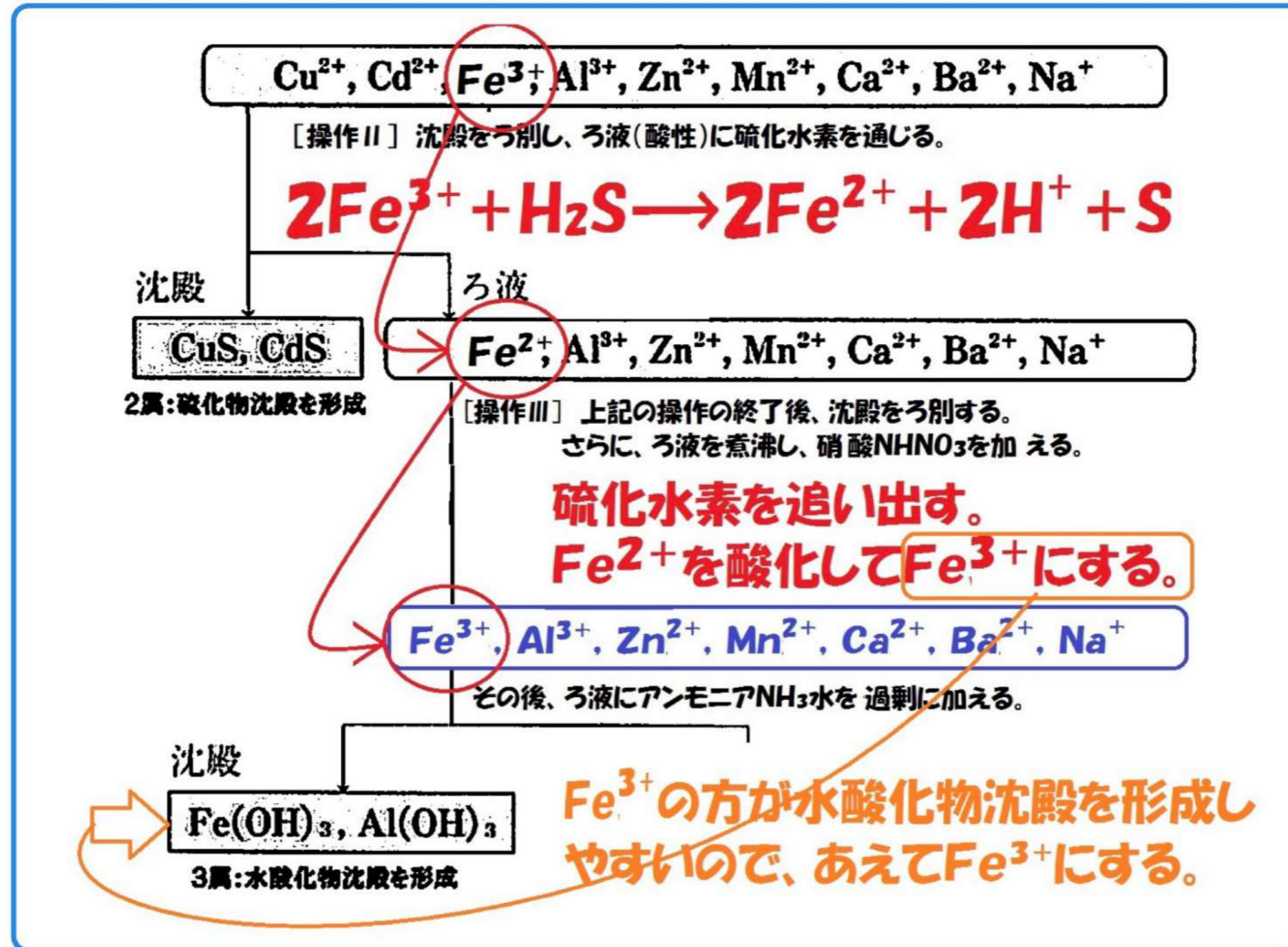
追加の知識

		$C_2O_4^{2-}$ による沈殿の形成		CrO_4^{2-} による沈殿の形成
		Ca^{2+}	Ba^{2+}	Ba^{2+}
沈 殿	化学式	CaC_2O_4	BaC_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



お疲れ様でした。

