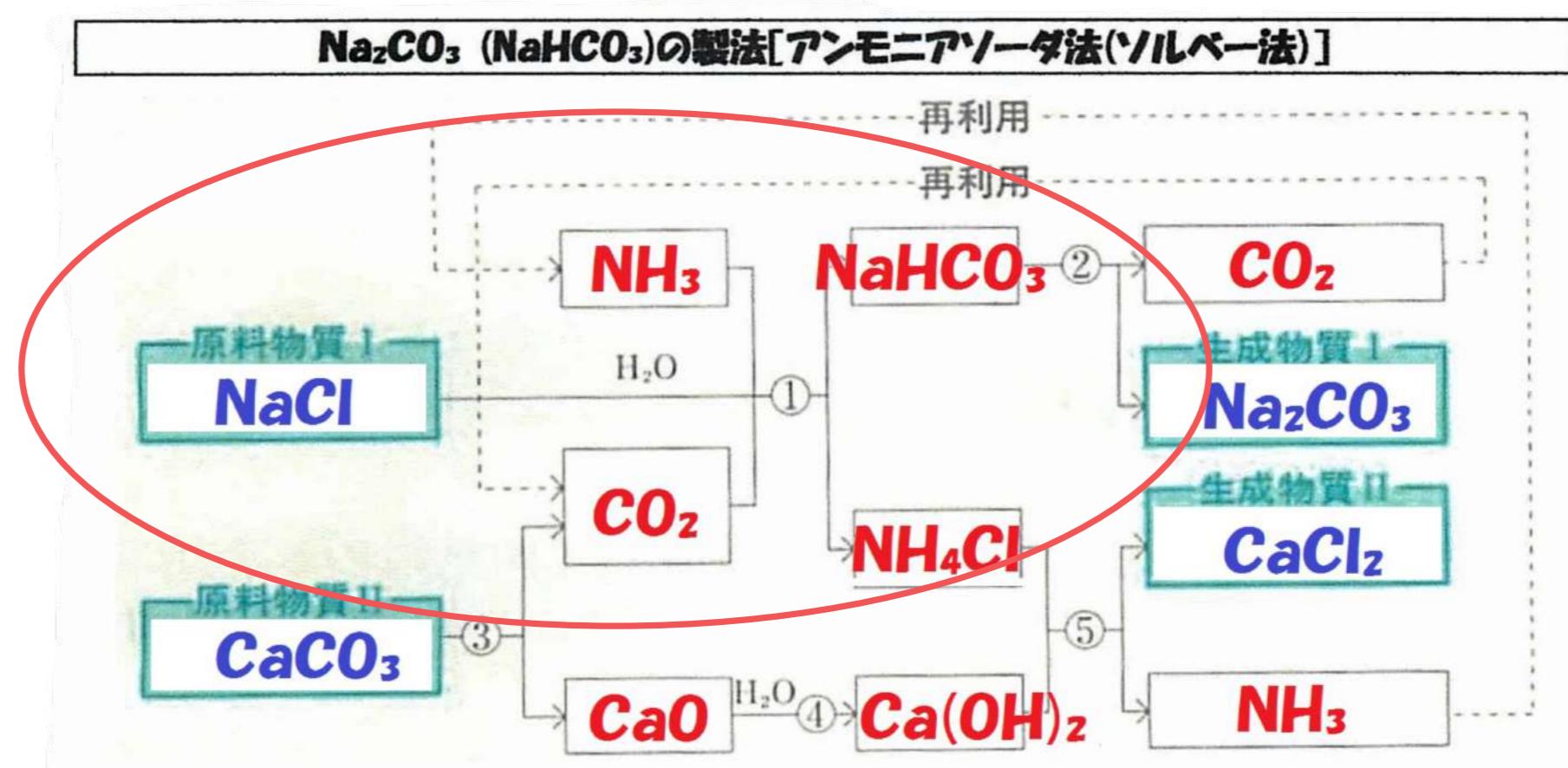


アンモニアソーダ法 主反応①

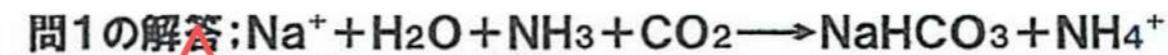


2-1 炭酸塩と炭酸水素塩

出典：金沢大学

1行目～3行目 アンモニアソーダ法についての概略

(主反応①)飽和食塩水からの炭酸水素ナトリウムの析出について。



×モ不要



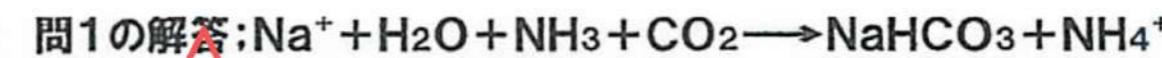
沈殿

2-1 炭酸塩と炭酸水素塩

出典：金沢大学

1行目～3行目 アンモニアソーダ法についての概略

(主反応①)飽和食塩水からの炭酸水素ナトリウムの析出について。



メモ不要



沈殿



沈殿

2-1 炭酸塩と炭酸水素塩

出典：金沢大学

1行目～3行目 アンモニアソーダ法についての概略

(主反応①)飽和食塩水からの炭酸水素ナトリウムの析出について。



問1の解答: $\text{Na}^+ + \text{H}_2\text{O} + \text{NH}_3 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{NaHCO}_3 + \text{NH}_4^+$



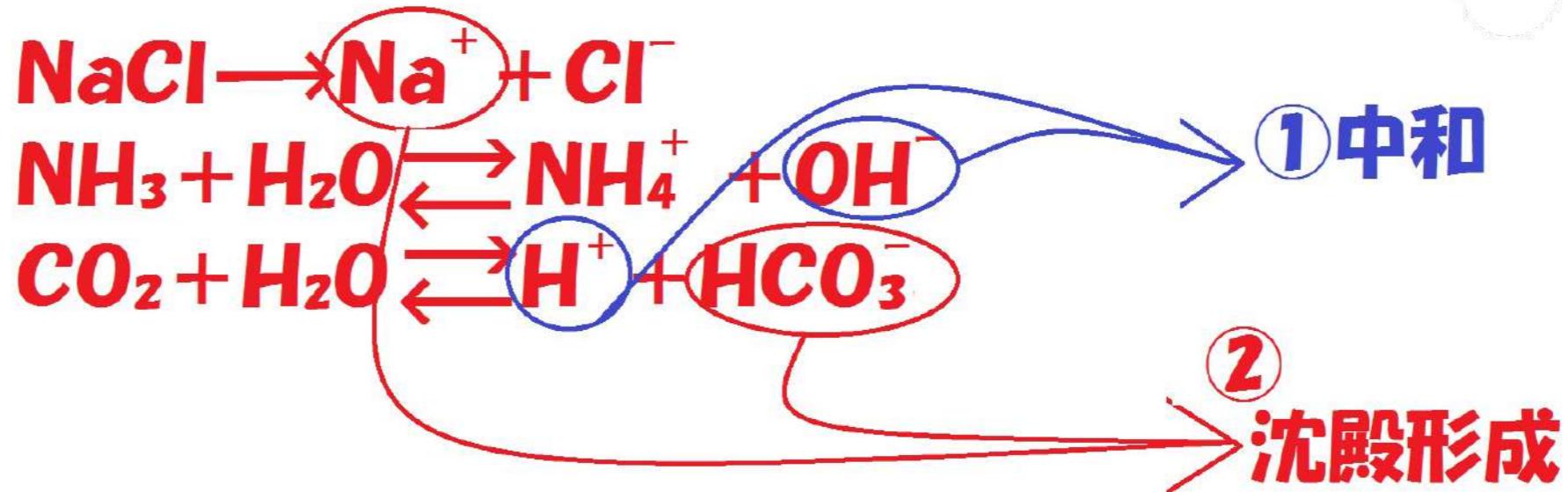
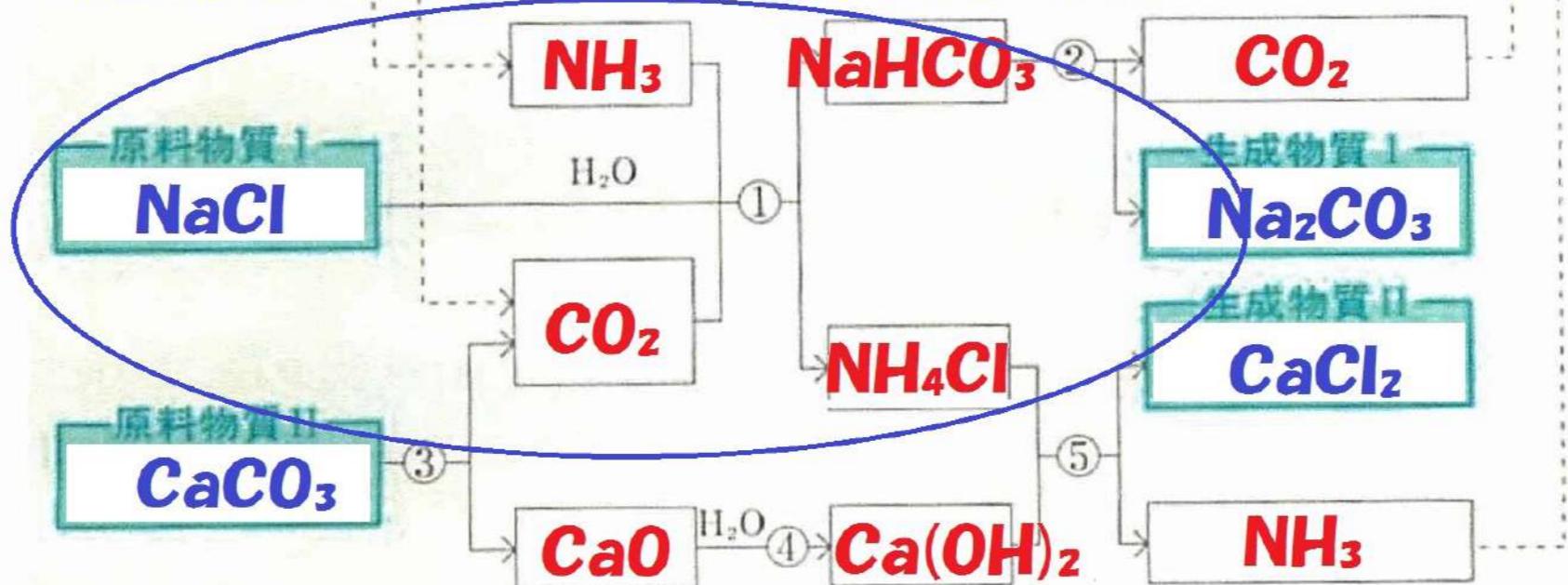
沈殿



沈殿

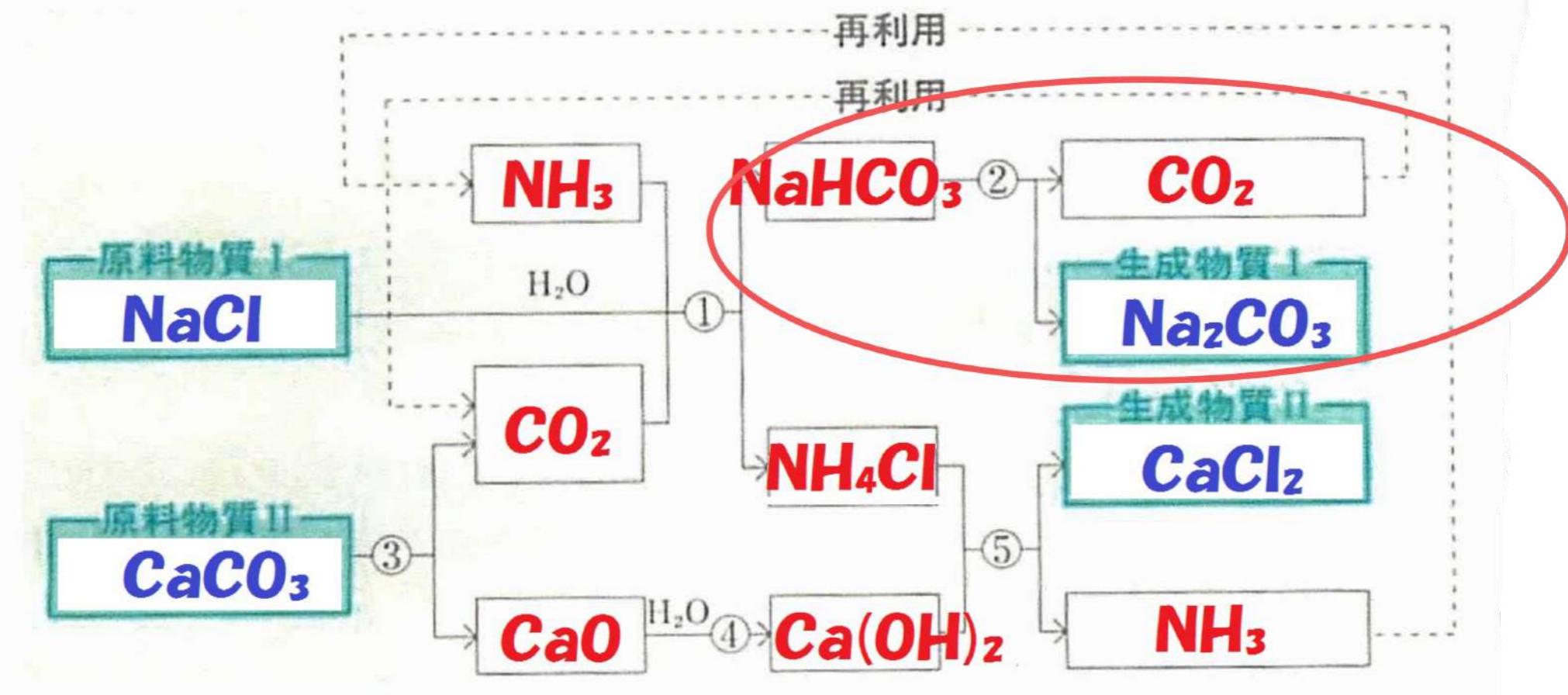
Na₂CO₃ (NaHCO₃)の製法[アンモニアソーダ法(ソルベー法)]

随分と複雑な反応に思えますか？



アンモニアソーダ法 主反応②

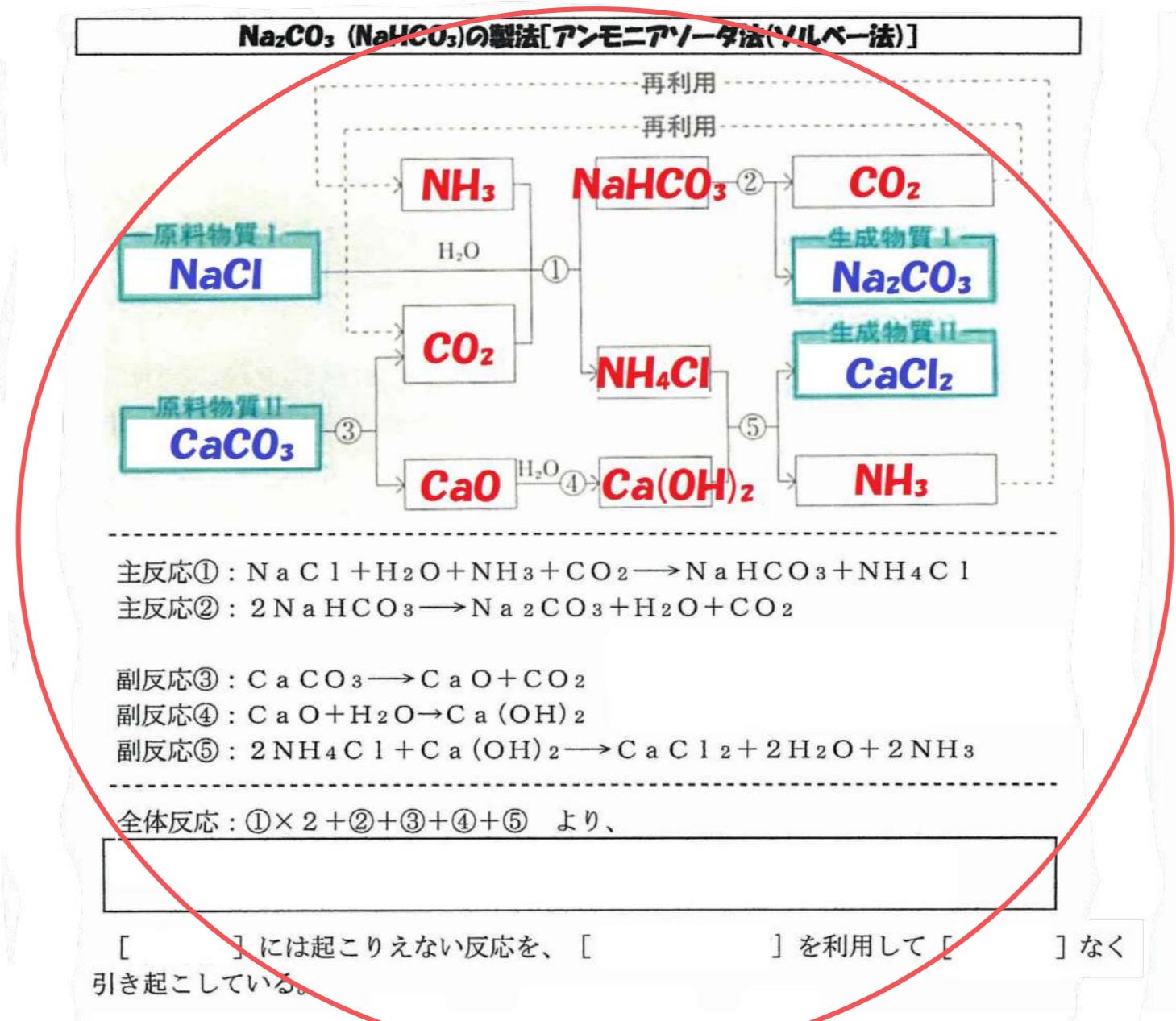
Na₂CO₃ (NaHCO₃)の製法[アンモニアソーダ法(ソルベー法)]



(主反応②)炭酸水素ナトリウムからの炭酸ナトリウムの生成について。

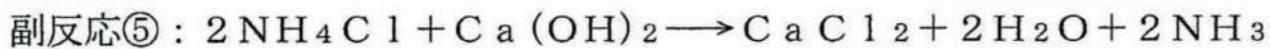
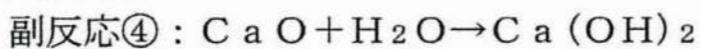
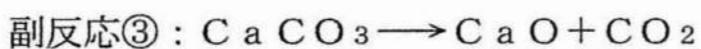
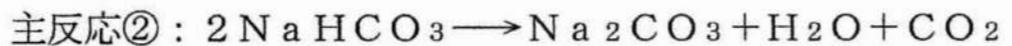
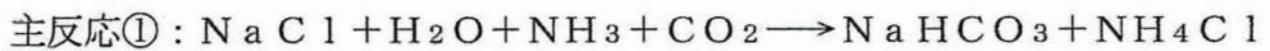
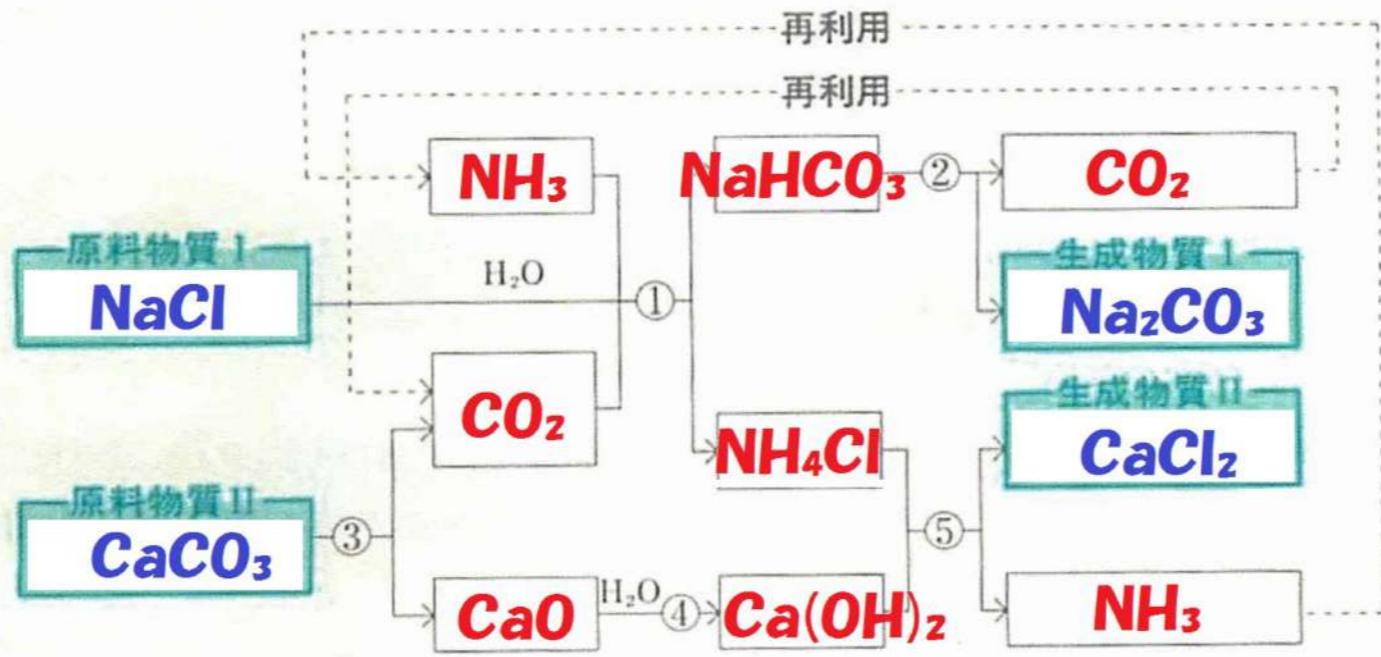


おさえておきたいポイント



おさえておきたいポイント

Na_2CO_3 (NaHCO_3)の製法[アンモニアソーダ法(ソルベー法)]

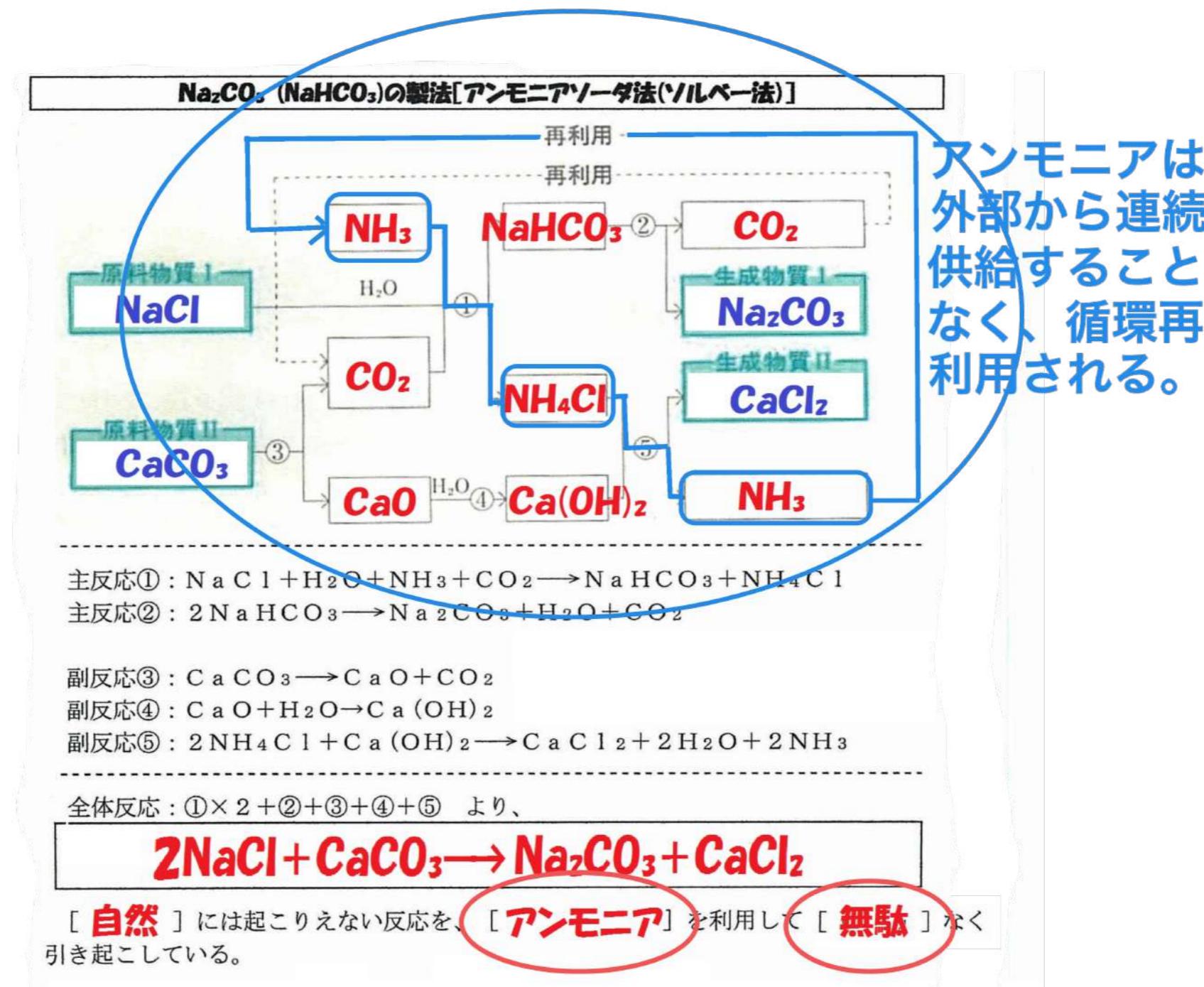


全体反応 : ① × 2 + ② + ③ + ④ + ⑤ より、



[**自然**]には起こりえない反応を、[]を利用して []なく引き起こしている。

おさえておきたいポイント



<操作1>、<操作2>

気体の発生と水溶液の液性の変化



<操作1>、<操作2>

气体の発生と水溶液の液性の変化



問2の解答: $2\text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$

<操作1>、<操作2> 気体の発生と水溶液の液性の変化



問2の解答: $2\text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$

弱い塩基性
P.P.で呈色せず。

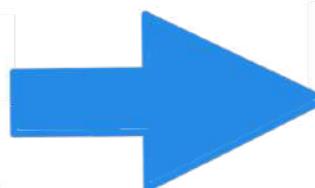
<操作1>、<操作2> 気体の発生と水溶液の液性の変化



問2の解答: $2\text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$

溶液の色の変化

弱い塩基性
P.P.で呈色せず。



比較的強い塩基性
P.P.で赤く呈色。

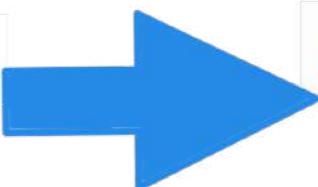
<操作1>、<操作2> 気体の発生と水溶液の液性の変化



問2の解答: $2\text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$

溶液の色の変化

弱い塩基性
P.P.で呈色せず。



比較的強い塩基性
P.P.で赤く呈色。

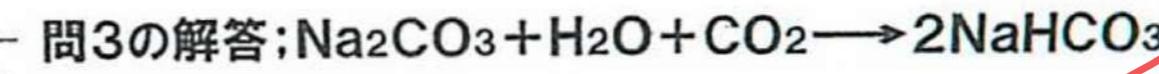
ピストンの上昇

Na_2CO_3 , NaHCO_3 の性質

	Na_2CO_3	NaHCO_3
熱分解	加熱しても分解しにくい。	加熱すると分解する。
	$2\text{NaHCO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$	
反応性	水によく溶け、その水溶液は 比較的強い塩基 性を示す。	水に少し溶け、その水溶液は 弱い塩基 性を示す。
	炭酸ナトリウムは塩酸と反応し、二酸化炭素を発生する。 $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{NaHCO}_3 + \text{NaCl}$ $\text{NaHCO}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$	
	炭酸水素ナトリウムも塩酸と反応し、二酸化炭素を発生する。 $\text{NaHCO}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$	

<操作3>

気体の溶解と水溶液の液性の変化



<操作3>

気体の溶解と水溶液の液性の変化



問3の解答: $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightarrow 2\text{NaHCO}_3$

<操作3>

気体の溶解と水溶液の液性の変化

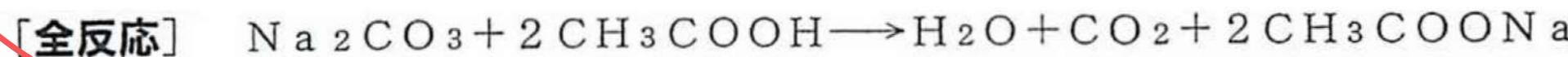
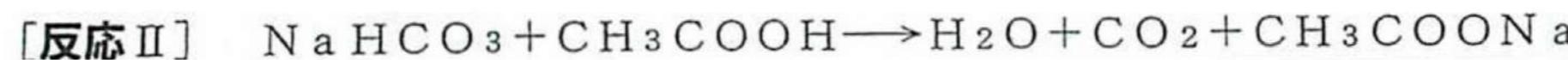
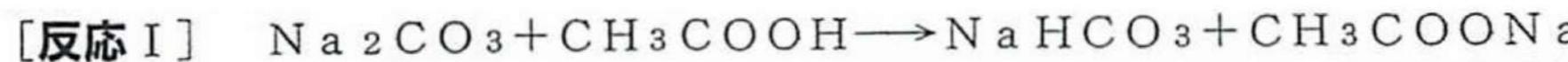


問3の解答: $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightarrow 2\text{NaHCO}_3$

発生した CO_2 が溶液に再溶解し、
操作2の逆反応が起こった。

<操作4> 酢酸と炭酸ナトリウムとの反応

酢酸 CH_3COOH と炭酸ナトリウム Na_2CO_3 とは、次の二段階で反応する。

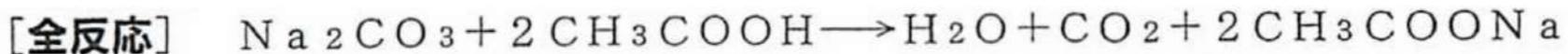


先

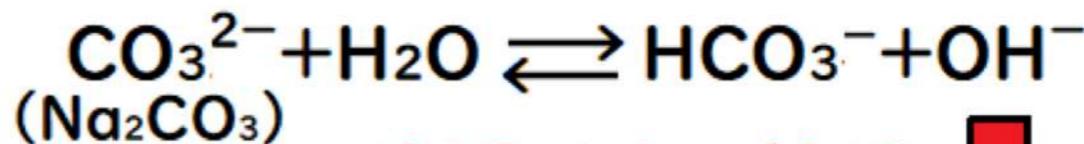
後

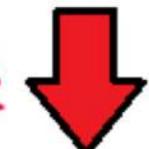
<操作4> 醋酸と炭酸ナトリウムとの反応

酢酸 CH_3COOH と炭酸ナトリウム Na_2CO_3 とは、次の二段階で反応する。



より強い塩基性を示す Na_2CO_3 の共存下では、
 NaHCO_3 は塩基性を発揮しない。



共通イオン効果 



 加水分解の抑制

同じ物質量 (5.0×10^{-2} mol) の酢酸と炭酸ナトリウムとを反応させた。

【反応液Aの場合】

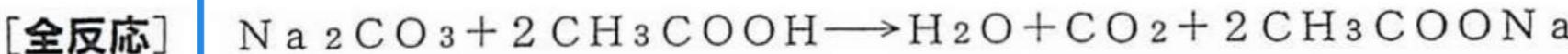
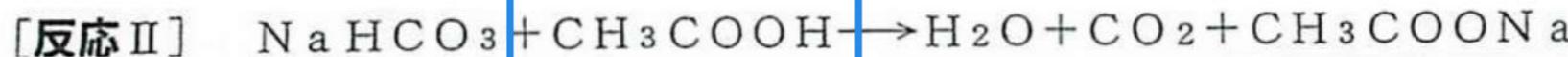
- ① 『酢酸』に『炭酸ナトリウム』を少しずつ加えた。
- ② 相対的に酢酸が過剰になることになるので、[反応 I] と [反応 II] が連続して生じる。つまり、[全反応] が生じる。
- ③ よって、得られる溶液は？

【反応液Bの場合】

- ① 『炭酸ナトリウム』に『酢酸』を少しずつ加えた。
- ② 相対的に炭酸ナトリウムが過剰になることになるので、まず [反応 I] が起きる。[反応 I] が終了しなければ、[反応 II] は起きない。
- ③ よって、得られる溶液は？

過剰に存在する。

酢酸 CH_3COOH と炭酸ナトリウム Na_2CO_3 とは、次の二段階で反応する。



同じ物質量 (5.0×10^{-2} mol) の酢酸と炭酸ナトリウムとを反応させた。

【反応液Aの場合】

- ① 『酢酸』に『炭酸ナトリウム』を少しずつ加えた。

- ② 相対的に酢酸が過剰にあることになるので、[反応 I] と [反応 II] が連続して生じる。つまり、[全反応] が生じる。

- ③ よって、得られる溶液は？

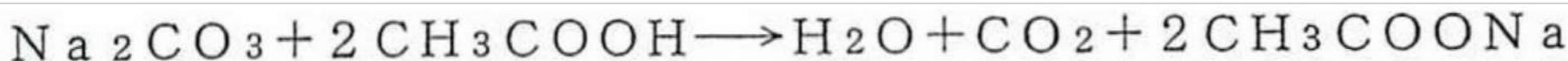
【反応液Bの場合】

- ① 『炭酸ナトリウム』に『酢酸』を少しずつ加えた。

- ② 相対的に炭酸ナトリウムが過剰にあることになるので、まず [反応 I] が起きる。[反応 I] が終了しなければ、[反応 II] は起きない。

- ③ よって、得られる溶液は？

メモ不要



$$\begin{array}{r} 5.0 \times 10^{-2} \\ - 2.5 \times 10^{-2} \\ \hline 2.5 \times 10^{-2} \end{array} \quad \begin{array}{r} 5.0 \times 10^{-2} \\ - 5.0 \times 10^{-2} \\ \hline 0 \end{array} \quad \begin{array}{r} 0 \\ + 5.0 \times 10^{-2} \\ \hline 5.0 \times 10^{-2} \end{array}$$

同じ物質量 (5.0×10^{-2} mol) の酢酸と炭酸ナトリウムとを反応させた。

【反応液Aの場合】

- ① 『酢酸』に『炭酸ナトリウム』を少しずつ加えた。
- ② 相対的に酢酸が過剰にあることになるので、[反応I]と[反応II]が連続して生じる。つまり、[全反応]が生じる。
- ③ よって、得られる溶液は？

$\text{CH}_3\text{COONa } 5.0 \times 10^{-2} \text{ mol}$
 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \quad 2.5 \times 10^{-2} \text{ mol}$] 混合aq

【反応液Bの場合】

- ① 『炭酸ナトリウム』に『酢酸』を少しずつ加えた。
- ② 相対的に炭酸ナトリウムが過剰にあることになるので、まず [反応I] が起きる。[反応I] が終了しなければ、[反応II] は起きない。
- ③ よって、得られる溶液は？

同じ物質量 (5.0×10^{-2} mol) の酢酸と炭酸ナトリウムとを反応させた。

【反応液Aの場合】

- ① 『酢酸』に『炭酸ナトリウム』を少しずつ加えた。
- ② 相対的に酢酸が過剰にあることになるので、[反応 I] と [反応 II] が連続して生じる。つまり、[全反応] が生じる。
- ③ よって、得られる溶液は？

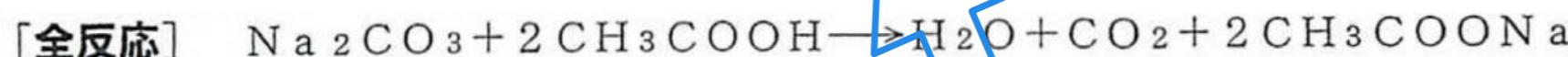


【反応液Bの場合】

- ① 『炭酸ナトリウム』に『酢酸』を少しずつ加えた。
- ② 相対的に炭酸ナトリウムが過剰にあることになるので、まず [反応 I] が起きる。[反応 I] が終了しなければ、[反応 II] は起きない。
- ③ よって、得られる溶液は？

過剰に存在する。

酢酸 CH_3COOH と炭酸ナトリウム Na_2CO_3 とは、次の二段階で反応する。



同じ物質量 ($5.0 \times 10^{-2} \text{ mol}$) の酢酸と炭酸ナトリウムとを反応させた。

【反応液Aの場合】

① 『酢酸』に『炭酸ナトリウム』を少しずつ加えた。

② 相対的に酢酸が過剰になることになるので、[反応 I] と [反応 II] が連続して生じる。つまり、[全反応] が生じる。

③ よって、得られる溶液は？

$\text{CH}_3\text{COONa } 5.0 \times 10^{-2} \text{ mol}$
 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \quad 2.5 \times 10^{-2} \text{ mol}$

混合aq

【反応液Bの場合】

① 『炭酸ナトリウム』に『酢酸』を少しずつ加えた。

② 相対的に炭酸ナトリウムが過剰になることになるので、まず [反応 I] が起きる。[反応 I] が終了しなければ、[反応 II] は起きない。

③ よって、得られる溶液は？

メモ不要



5.0×10^{-2}	5.0×10^{-2}	0	0
-5.0×10^{-2}	-5.0×10^{-2}	$+5.0 \times 10^{-2}$	$+5.0 \times 10^{-2}$
0	0	5.0×10^{-2}	5.0×10^{-2}

同じ物質量 (5.0×10^{-2} mol) の酢酸と炭酸ナトリウムとを反応させた。

【反応液Aの場合】

- ① 『酢酸』に『炭酸ナトリウム』を少しずつ加えた。
- ② 相対的に酢酸が過剰になることになるので、[反応I]と[反応II]が連続して生じる。つまり、[全反応]が生じる。
- ③ よって、得られる溶液は？

$\text{CH}_3\text{COONa } 5.0 \times 10^{-2} \text{ mol}$
 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \quad 2.5 \times 10^{-2} \text{ mol}$

【反応液Bの場合】

- ① 『炭酸ナトリウム』に『酢酸』を少しずつ加えた。
- ② 相対的に炭酸ナトリウムが過剰になることになるので、まず [反応I] が起きる。[反応I] が終了しなければ、[反応II] は起きない。
- ③ よって、得られる溶液は？

$\text{CH}_3\text{COONa } 5.0 \times 10^{-2} \text{ mol}$
 $\text{NaHCO}_3 \quad 5.0 \times 10^{-2} \text{ mol}$

混合aq

混合aq

同じ物質量 (5.0×10^{-2} mol) の酢酸と炭酸ナトリウムとを反応させた。

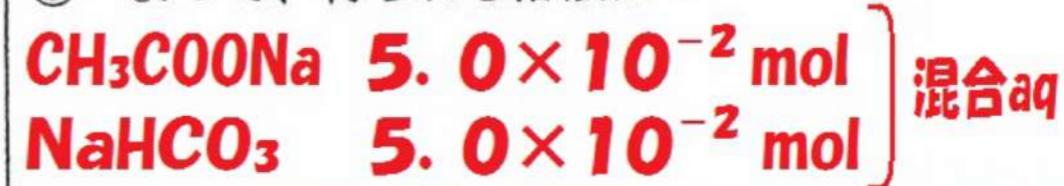
【反応液Aの場合】

③ よって、得られる溶液は？



【反応液Bの場合】

③ よって、得られる溶液は？



↓ CH_3COONa aq と NaHCO_3 aq とは弱塩基性。 Na_2CO_3 aq は比較的強い塩基性。

問4の解答: 比 $\frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]}$ は(イ)、pHは(ア)

【反応液Aの場合】

$$\frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]} \doteq \frac{0}{5.0 \times 10^{-2}}$$

【反応液Bの場合】

$$\frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]} \doteq \frac{5.0 \times 10^{-2}}{5.0 \times 10^{-2}}$$

同じ物質量 (5.0×10^{-2} mol) の酢酸と炭酸ナトリウムとを反応させた。

【反応液Aの場合】

③ よって、得られる溶液は？



【反応液Bの場合】

③ よって、得られる溶液は？



↓ CH_3COONa aq と NaHCO_3 aq とは弱塩基性。 Na_2CO_3 aq は比較的強い塩基性。

問4の解答: 比 $\frac{[\text{HCO}_3^-]}{[\text{CH}_3\text{COO}^-]}$ は(イ)、pHは(ア)

比較的強い塩基性を示す

塩を含む水溶液のpH



弱い塩基性を示す塩のみ

を含む水溶液のpH

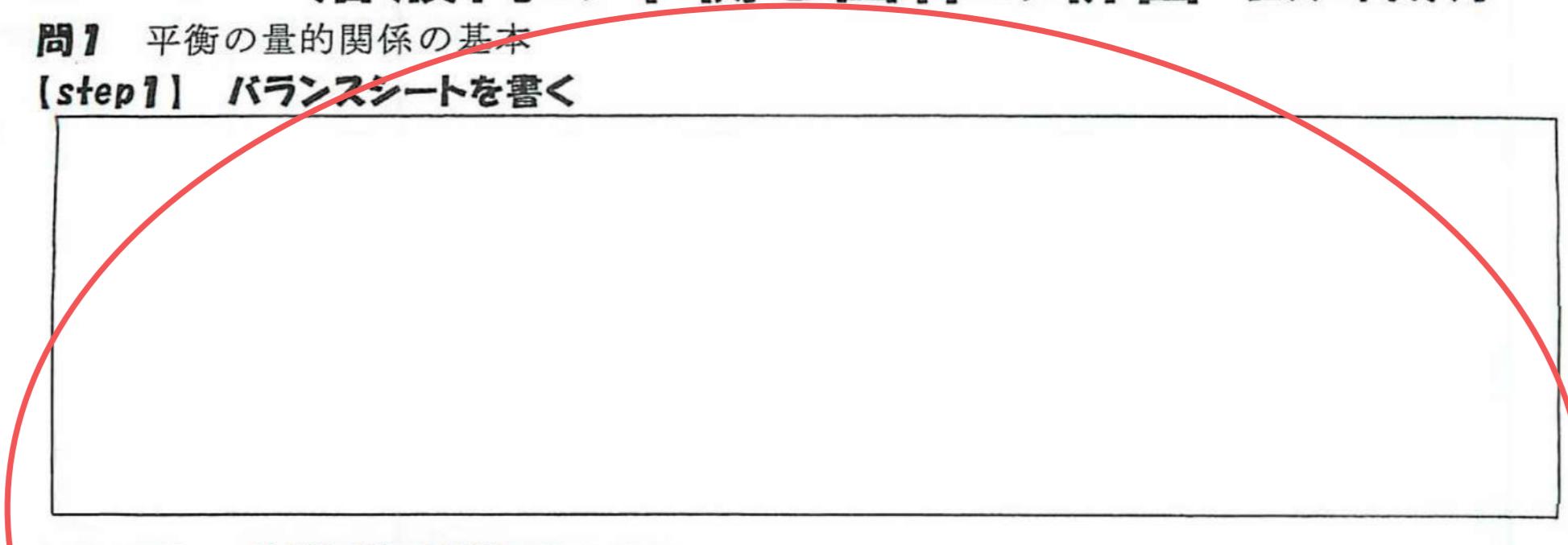


2-2 溶液内の平衡と固体の析出

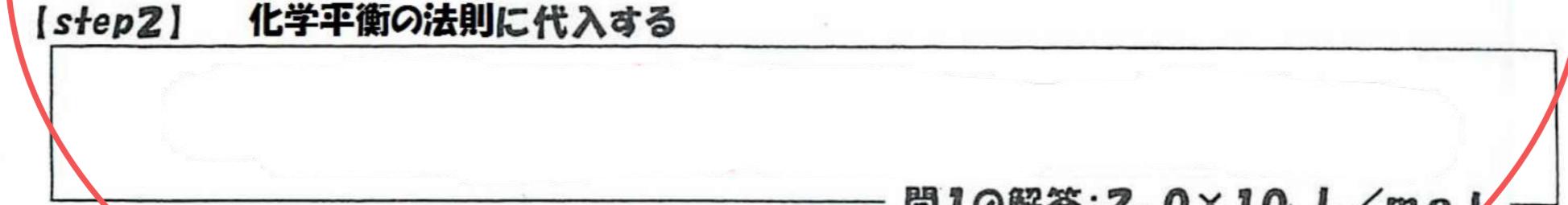
出典:中央大学

問1 平衡の量的関係の基本

[step1] バランスシートを書く

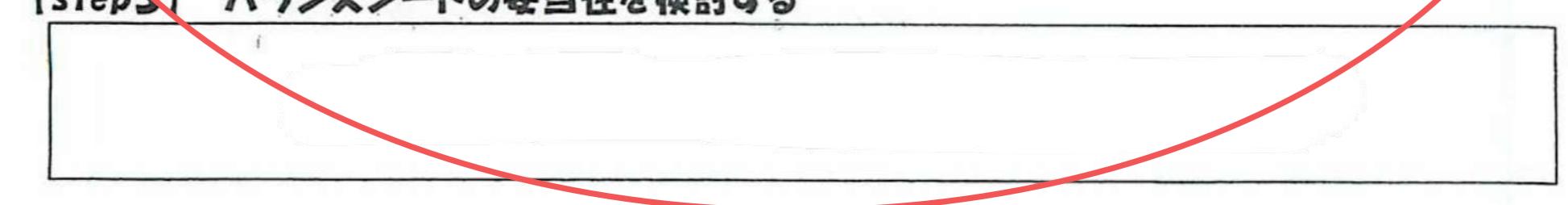


[step2] 化学平衡の法則に代入する



問1の解答: $2.0 \times 10^{-3} \text{ L/mol}$

[step3] バランスシートの妥当性を検討する



2-2 溶液内の平衡と固体の析出

出典:中央大学

問1 平衡の量的関係の基本

[step1] バランスシートを書く



等体積混合であることに注意!!

[step2] 化学平衡の法則に代入する

問1の解答: $2.0 \times 10^{-3} \text{ L/mol}$

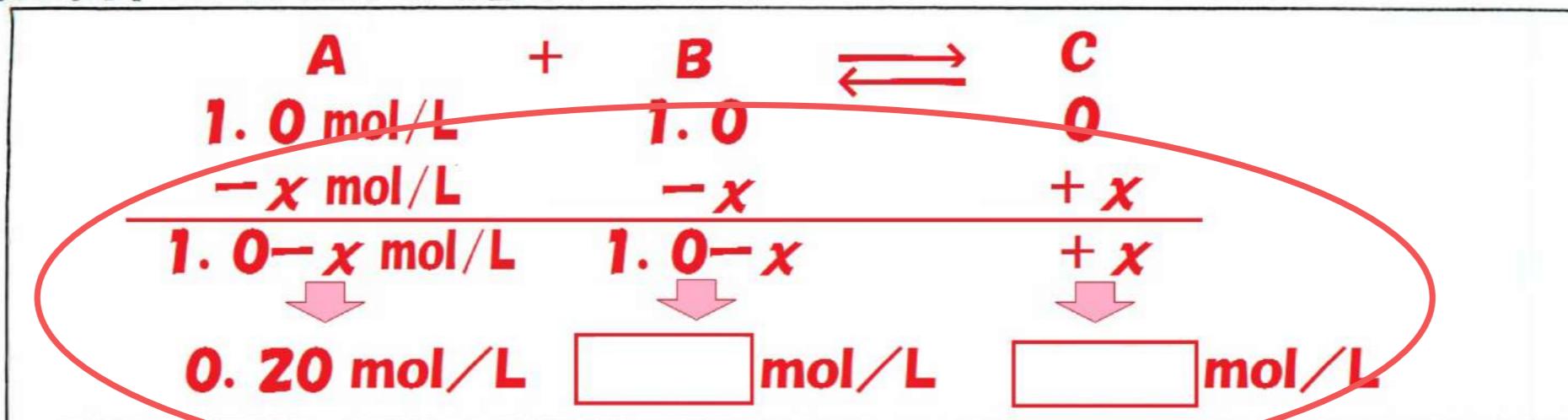
[step3] バランスシートの妥当性を検討する

2-2 溶液内の平衡と固体の析出

出典:中央大学

問1 平衡の量的関係の基本

[step1] バランスシートを書く



[step2] 化学平衡の法則に代入する

問1の解答: $2.0 \times 10^{-3} \text{ L/mol}$

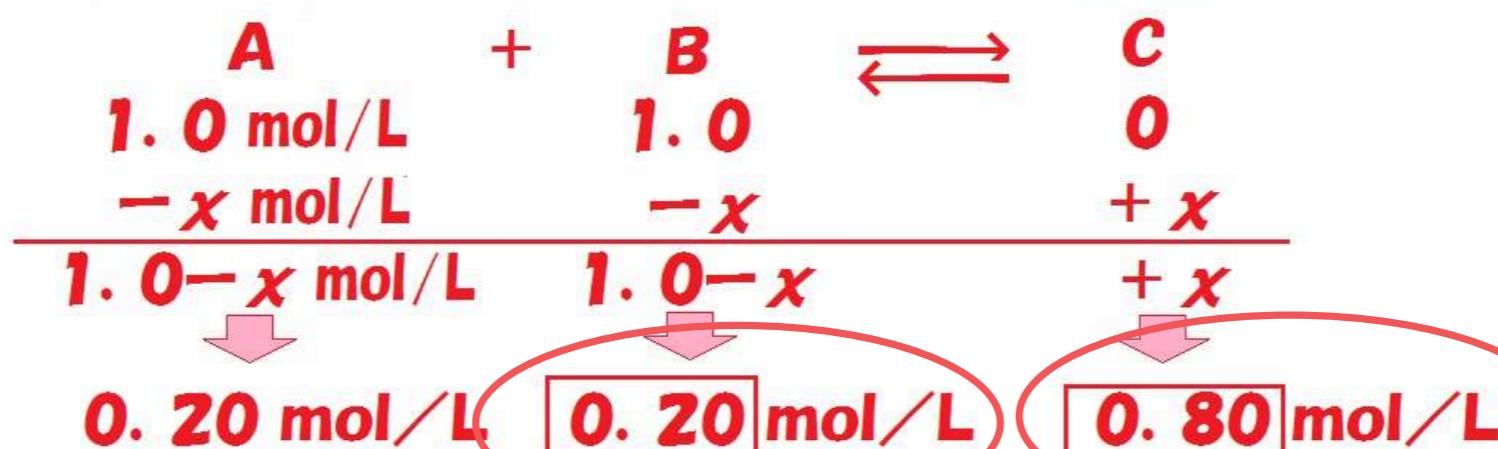
[step3] バランスシートの妥当性を検討する

2-2 溶液内の平衡と固体の析出

出典:中央大学

問1 平衡の量的関係の基本

[step1] バランスシートを書く



[step2] 化学平衡の法則に代入する

問1の解答: $2.0 \times 10^3 \text{ L/mol}$

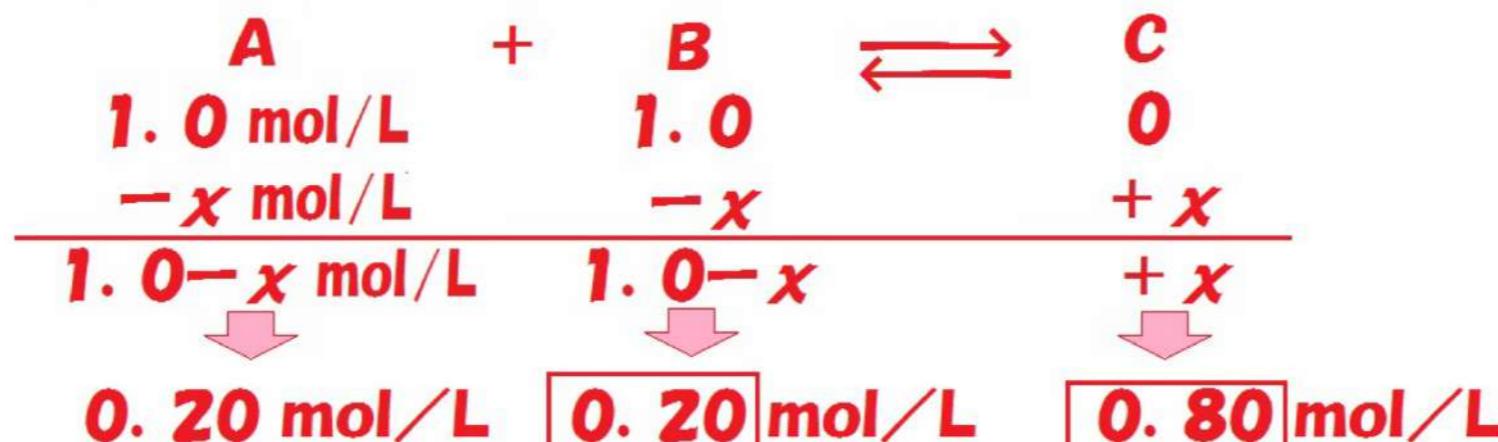
[step3] バランスシートの妥当性を検討する

2-2 溶液内の平衡と固体の析出

出典:中央大学

問1 平衡の量的関係の基本

[step1] バランスシートを書く



[step2] 化学平衡の法則に代入する

$$K = \frac{[C]}{[A][B]}$$

問1の解答: $2.0 \times 10^{-3} \text{ L/mol}$

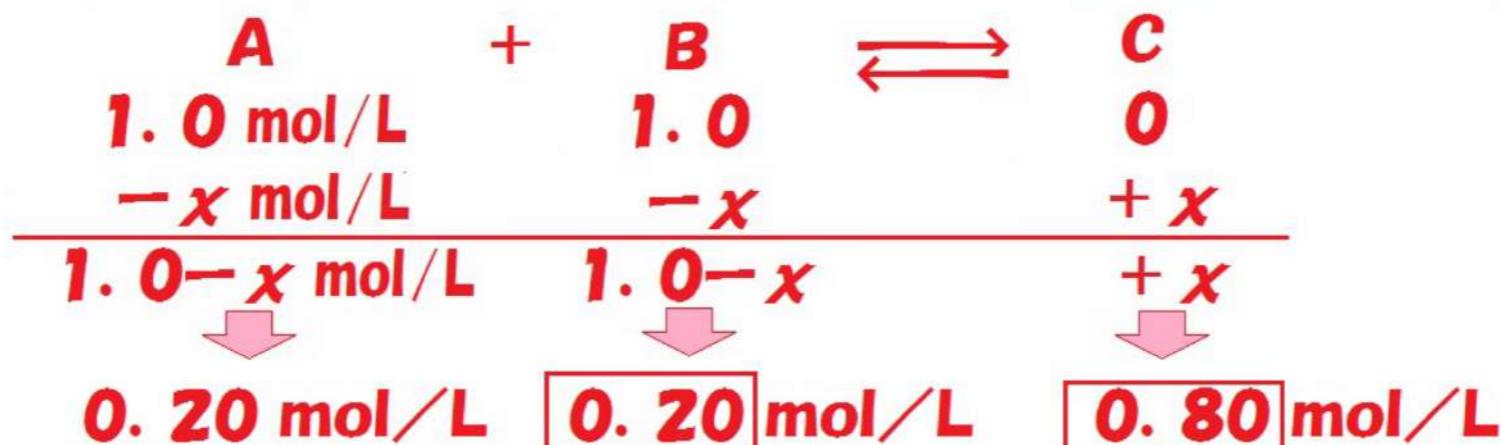
[step3] バランスシートの妥当性を検討する

2-2 溶液内の平衡と固体の析出

出典:中央大学

問1 平衡の量的関係の基本

[step1] バランスシートを書く



[step2] 化学平衡の法則に代入する

$$K = \frac{[\text{C}]}{[\text{A}][\text{B}]} = \frac{0.80}{0.20 \times 0.20}$$

問1の解答: $2.0 \times 10^3 \text{ L/mol}$

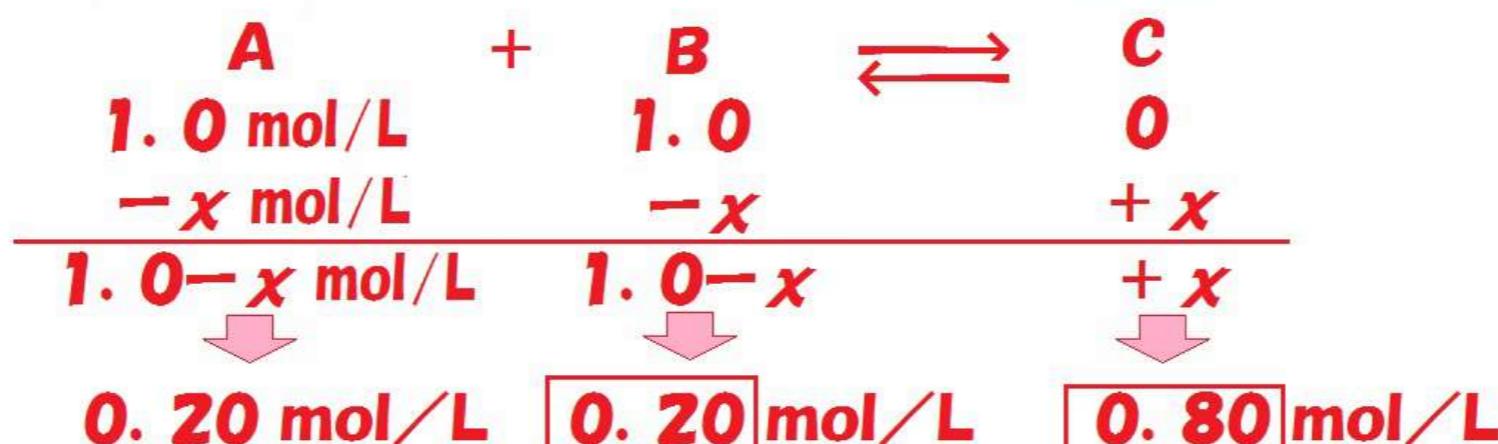
[step3] バランスシートの妥当性を検討する

2-2 溶液内の平衡と固体の析出

出典:中央大学

問1 平衡の量的関係の基本

[step1] バランスシートを書く



[step2] 化学平衡の法則に代入する

$$K = \frac{[\text{C}]}{[\text{A}][\text{B}]} = \frac{0.80}{0.20 \times 0.20} = 2.0 \times 10 \text{ (L/mol)}$$

問1の解答: $2.0 \times 10 \text{ L/mol}$

[step3] バランスシートの妥当性を検討する

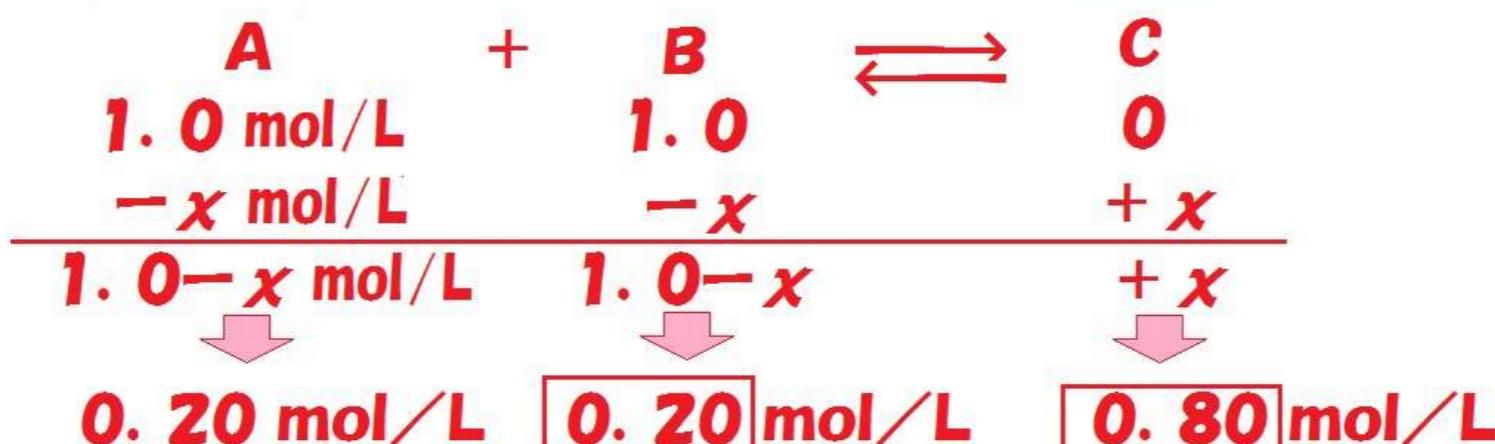
i

2-2 溶液内の平衡と固体の析出

出典:中央大学

問1 平衡の量的関係の基本

[step1] バランスシートを書く



[step2] 化学平衡の法則に代入する

$$K = \frac{[\text{C}]}{[\text{A}][\text{B}]} = \frac{0.80}{0.20 \times 0.20} = 2.0 \times 10 \text{ (L/mol)}$$

問1の解答: $2.0 \times 10 \text{ L/mol}$

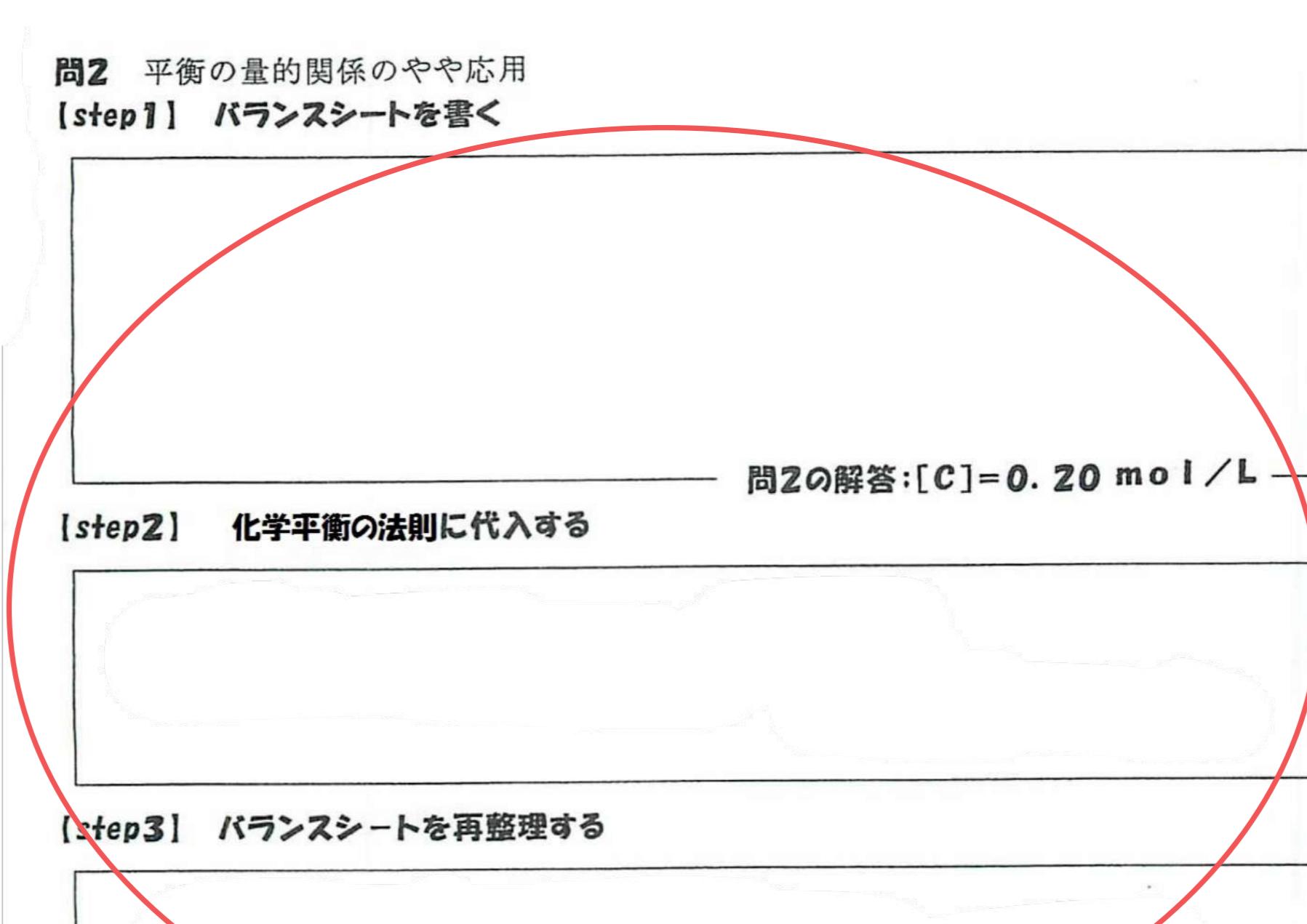
[step3] バランスシートの妥当性を検討する

$[\text{C}] = 0.80 \text{ (mol/L)} < 80^\circ\text{C} \text{での溶解度}$

問題なし!!

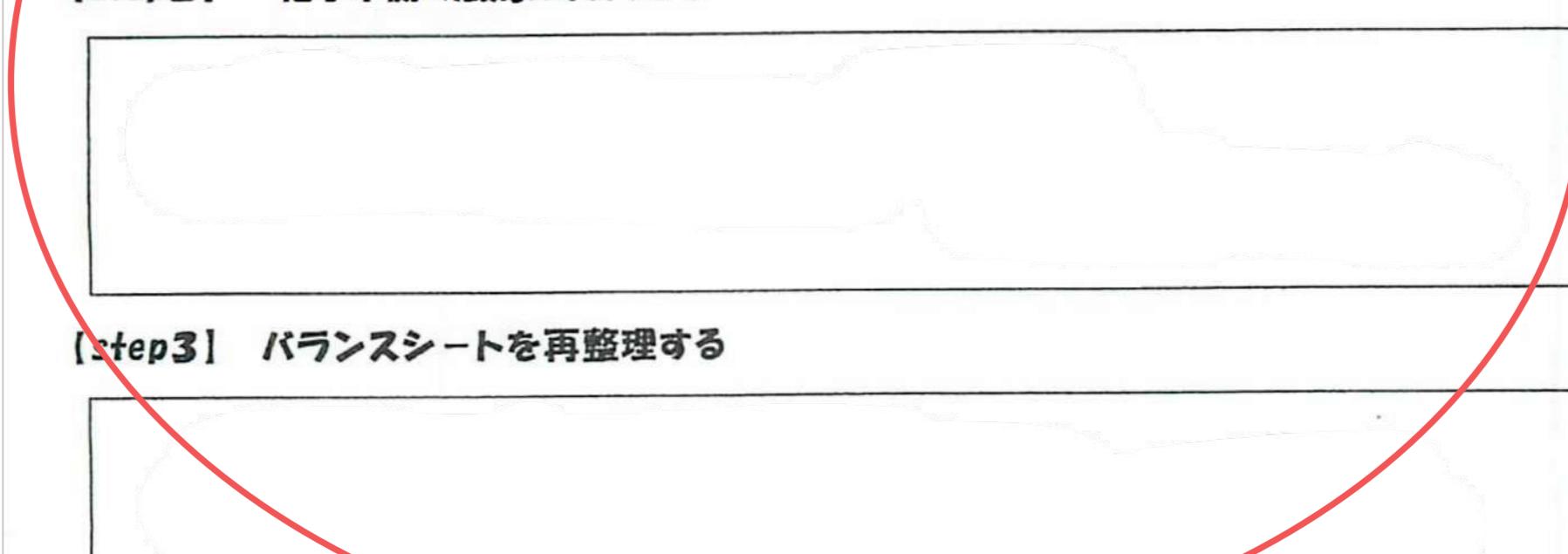
問2 平衡の量的関係のやや応用

[step1] バランスシートを書く



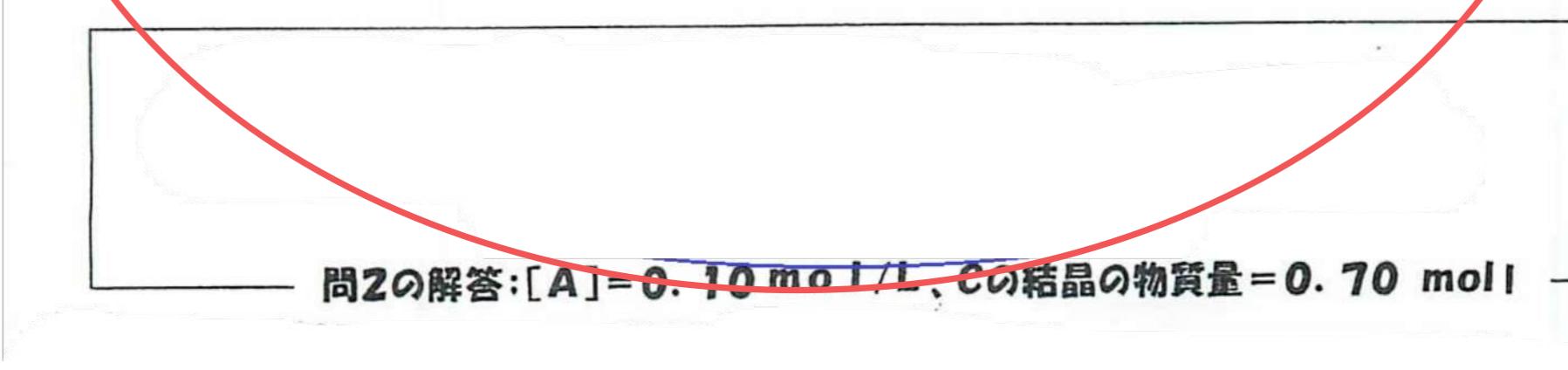
問2の解答: $[C] = 0.20 \text{ mol/L}$

[step2] 化学平衡の法則に代入する



問2の解答: $[A] = 0.10 \text{ mol/L}$, Cの結晶の物質量 = 0.70 mol

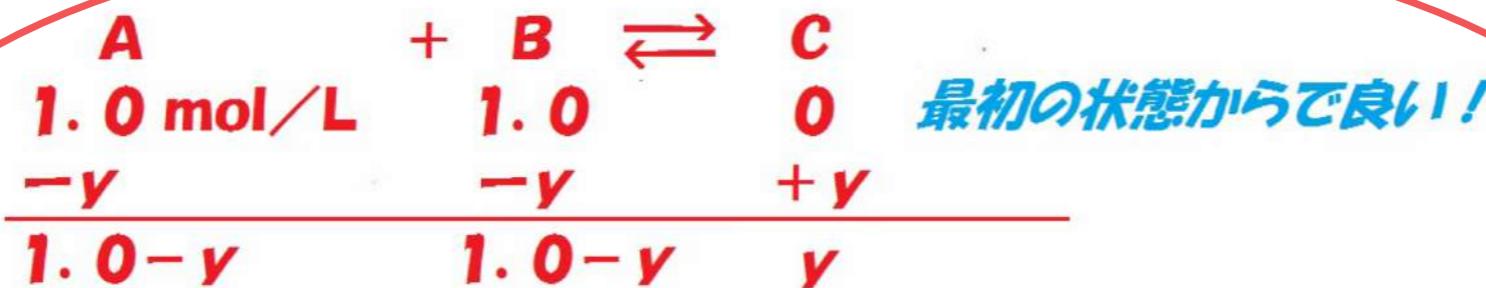
[step3] バランスシートを再整理する



問2の解答: $[A] = 0.10 \text{ mol/L}$, Cの結晶の物質量 = 0.70 mol

問2 平衡の量的関係のやや応用

[step1] バランスシートを書く



問2の解答: $[\text{C}] = 0.20 \text{ mol/L}$

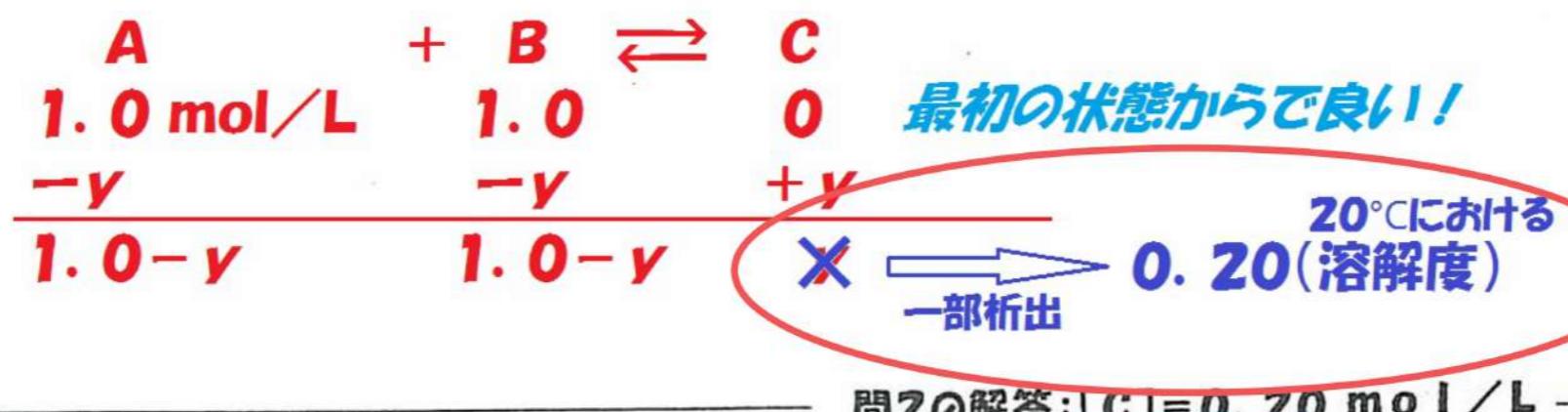
[step2] 化学平衡の法則に代入する

[step3] バランスシートを再整理する

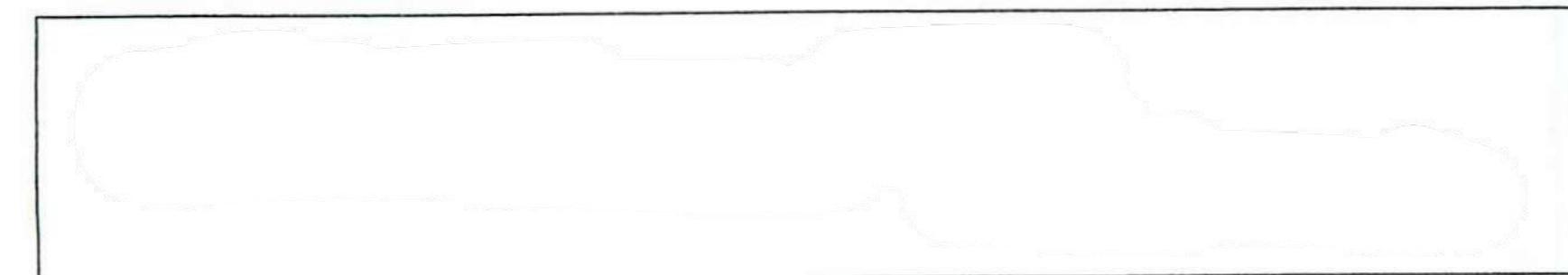
問2の解答: $[\text{A}] = 0.10 \text{ mol/L}$, Cの結晶の物質量 = 0.70 mol

問2 平衡の量的関係のやや応用

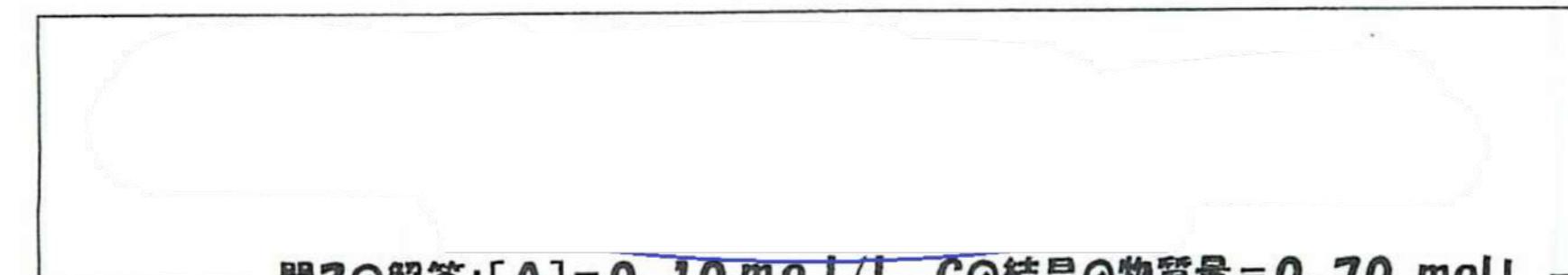
[step1] バランスシートを書く



[step2] 化学平衡の法則に代入する

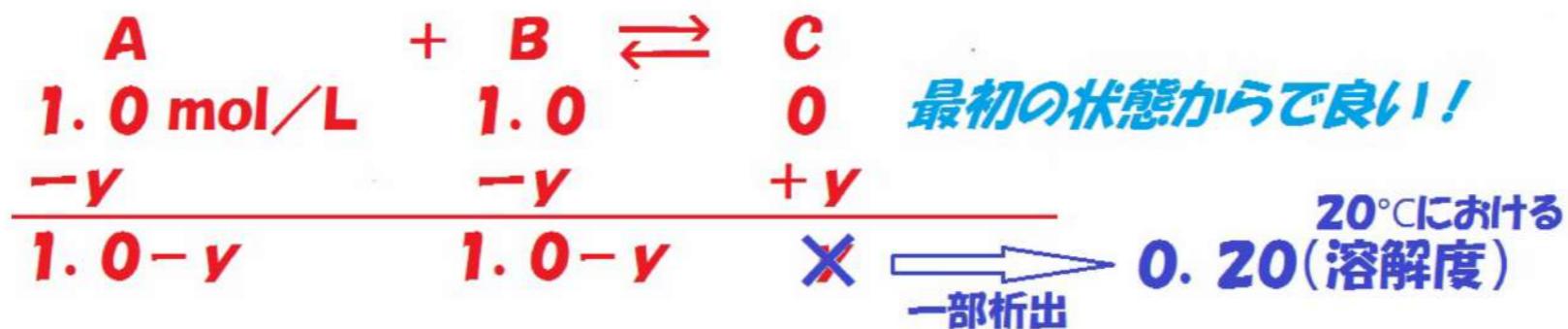


[step3] バランスシートを再整理する



問2 平衡の量的関係のやや応用

[step1] バランスシートを書く



問2の解答: $[\text{C}] = 0.20 \text{ mol/L}$

[step2] 化学平衡の法則に代入する

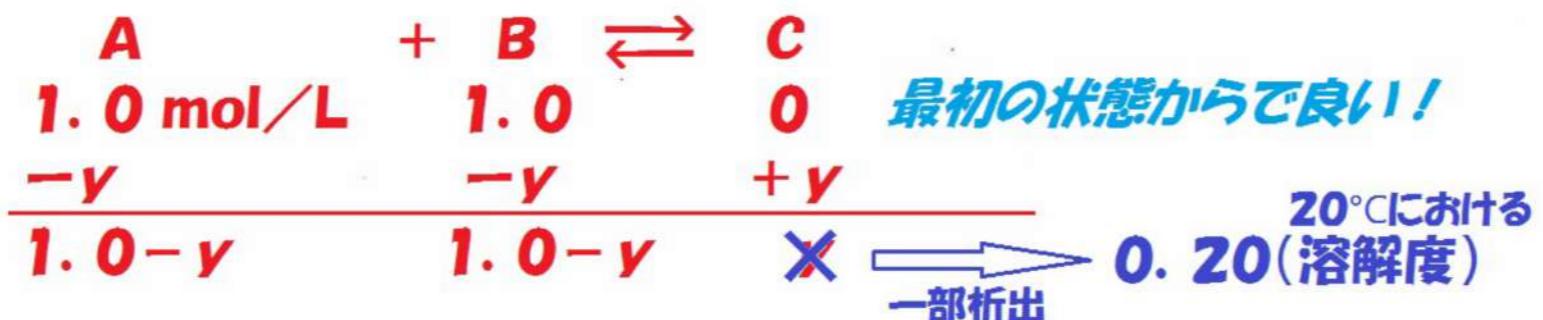
$$K = \frac{[\text{C}]}{[\text{A}][\text{B}]} \text{ より}$$

[step3] バランスシートを再整理する

問2の解答: $[\text{A}] = 0.10 \text{ mol/L}$, Cの結晶の物質量 = 0.70 mol

問2 平衡の量的関係のやや応用

[step1] バランスシートを書く



問2の解答: $[\text{C}] = 0.20 \text{ mol/L}$

[step2] 化学平衡の法則に代入する

$$K = \frac{[\text{C}]}{[\text{A}][\text{B}]} \text{ より } 2.0 \times 10 = \frac{0.20}{(1.0-y)^2}$$

[step3] バランスシートを再整理する

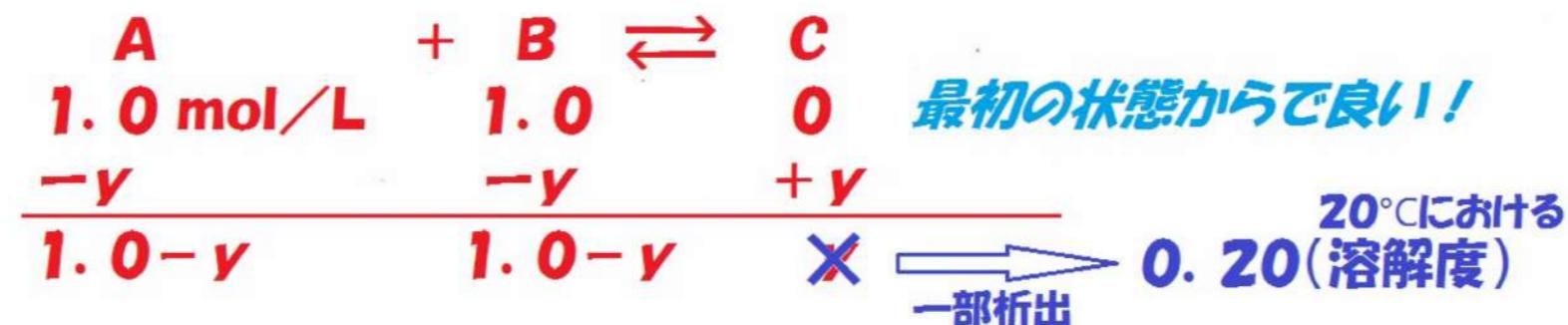
問1の解答: $2.0 \times 10 \text{ L/mol}$

平衡定数が温度によって
変化しないと仮定した場合

問2の解答: $[\text{A}] = 0.10 \text{ mol/L}$, $\text{C}\text{の結晶の物質量} = 0.70 \text{ mol}$

問2 平衡の量的関係のやや応用

[step1] バランスシートを書く



問2の解答: $[\text{C}] = 0.20 \text{ mol/L}$

[step2] 化学平衡の法則に代入する

$$K = \frac{[\text{C}]}{[\text{A}][\text{B}]} \text{ より } 2.0 \times 10 = \frac{0.20}{(1.0-y)^2}$$

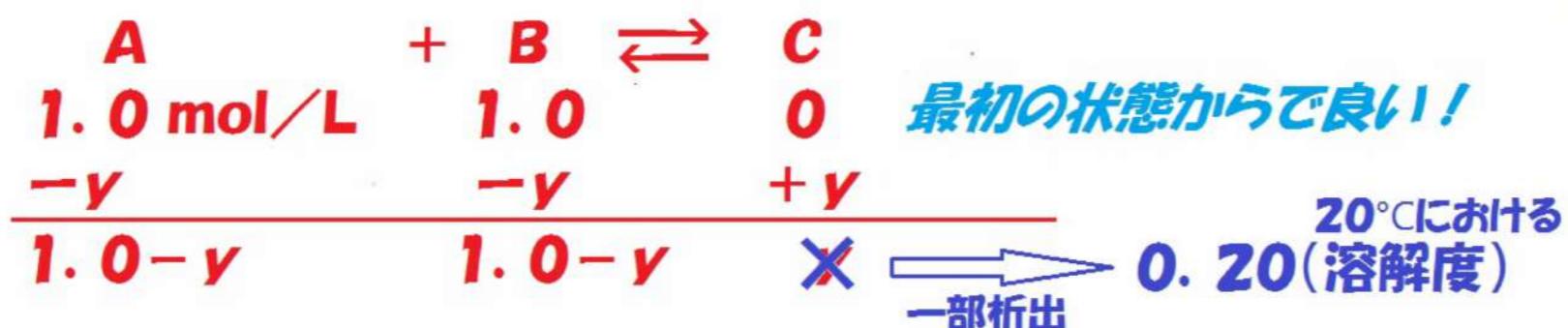
$\therefore y = 0.90 \text{ (mol/L)}$

[step3] バランスシートを再整理する

問2の解答: $[\text{A}] = 0.10 \text{ mol/L}$, Cの結晶の物質量 = 0.70 mol

問2 平衡の量的関係のやや応用

[step1] バランスシートを書く

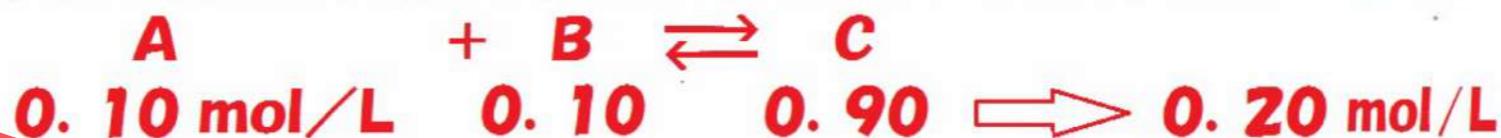


問2の解答: $[\text{C}] = 0.20 \text{ mol/L}$

[step2] 化学平衡の法則に代入する

$$K = \frac{[\text{C}]}{[\text{A}][\text{B}]} \text{ より } 2.0 \times 10 = \frac{0.20}{(1.0-y)^2}$$
$$\therefore y = 0.90 \text{ (mol/L)}$$

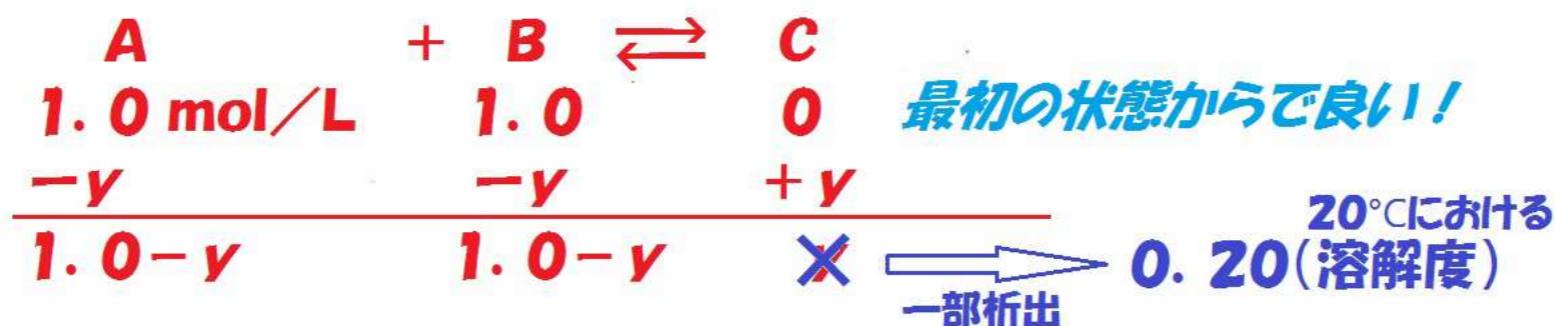
[step3] バランスシートを再整理する



問2の解答: $[\text{A}] = 0.10 \text{ mol/L}$ Cの結晶の物質量 = 0.70 mol

問2 平衡の量的関係のやや応用

[step1] バランスシートを書く

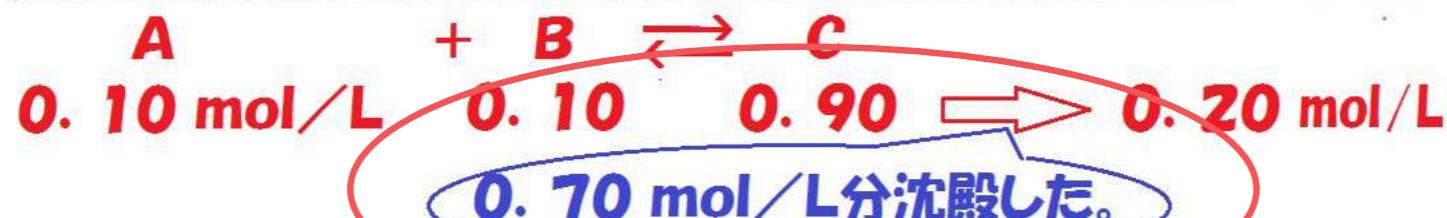


問2の解答: $[C] = 0.20 \text{ mol/L}$

[step2] 化学平衡の法則に代入する

$$K = \frac{[C]}{[A][B]} \text{ より } 2.0 \times 10 = \frac{0.20}{(1.0-y)^2}$$
$$\therefore y = 0.90 \text{ (mol/L)}$$

[step3] バランスシートを再整理する

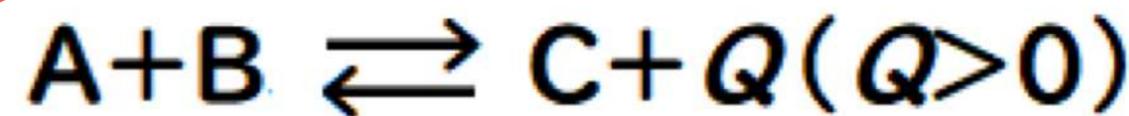


問2の解答: $[A] = 0.10 \text{ mol/L}$, Cの結晶の物質量 = 0.70 mol

問3

問3の解答: 大きい

メモ不要



問3

問3の解答: 大きい

メモ不要

温度降下($80^{\circ}\text{C} \rightarrow 20^{\circ}\text{C}$)



問3

問3の解答: 大きい

メモ不要

温度降下($80^{\circ}\text{C} \rightarrow 20^{\circ}\text{C}$)



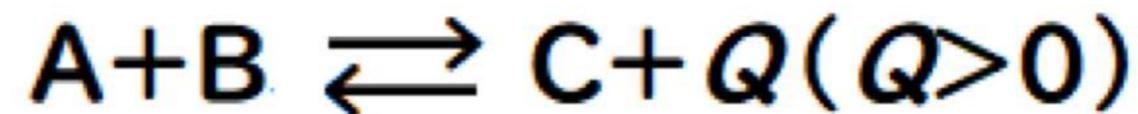
平衡は右に移動

問3

問3の解答: 大きい

メモ不要

温度降下($80^{\circ}\text{C} \rightarrow 20^{\circ}\text{C}$)



平衡は右に移動

[A]、[B]減少、[C]増大

問3

問3の解答: 大きい

メモ不要

温度降下($80^{\circ}\text{C} \rightarrow 20^{\circ}\text{C}$)



平衡は右に移動

[A]、[B]減少、[C]増大

$$K = \frac{[\text{C}]}{[\text{A}] [\text{B}]} \text{ は増大する。}$$

問3 平衡定数の温度依存性について整理しておこう

問3の解答:大きい	発熱反応	吸熱反応
温度が上昇すると	平衡定数の値は 減少	平衡定数の値は 増大
温度が降下すると	平衡定数の値は 増大	平衡定数の値は 減少

$$K_{\text{平衡定数}} = \frac{K_{\text{正}}}{K_{\text{逆}}} \quad K_{\text{正}} \propto e^{-\frac{E_{\text{正}}}{RT}}$$
$$K_{\text{逆}} \propto e^{-\frac{E_{\text{逆}}}{RT}}$$

$$K_{\text{平衡定数}} \propto \frac{e^{-\frac{E_{\text{正}}}{RT}}}{e^{-\frac{E_{\text{逆}}}{RT}}} = e^{\frac{E_{\text{逆}} - E_{\text{正}}}{RT}}$$
$$= e^{\frac{Q_{(\text{反応熱})}}{RT}}$$

$[A]=[B]$ 、 $[C]=0.20$ (溶解度)

$$K = \frac{[C]}{[A][B]} = \frac{0.20}{[A]^2}$$

問4 溶解平衡が成立するとして考えてみよう(平衡は右に移動するので溶解平衡は成立)

化学平衡の法則を考えてみよう

$$K = \frac{0.20}{[A]^2}$$

$[A]$ は減少、 $[C]$ は不变、Cの析出量は増加

問4の解答:(a)-(イ)、(b)-(ウ)、(c)-(ア)

問3の解答: 大きい

問4 溶解平衡が成立するとして考えてみよう(平衡は右に移動するので溶解平衡は成立)

化学平衡の法則を考えてみよう

$$K = \frac{0.20}{[A]^2}$$

K が 2.0×10 より大きくなると

[A]は減少する。

[A]は減少、[C]は不变、Cの析出量は増加

問4の解答:(a)-(イ)、(b)-(ウ)、(c)-(ア)

問4 溶解平衡が成立するとして考えてみよう(平衡は右に移動するので溶解平衡は成立)

化学平衡の法則を考えてみよう

$K = \frac{0.20}{[A]^2}$ K が 2.0×10 より大きくなると
「 $[A]$ は減少する。

結果として $[A]$ が減少したということは、



右方向 \rightarrow に進んだ。

ただし、 $[C]$ はすでに飽和している。

$[A]$ は減少、 $[C]$ は不变、 C の析出量は増加

問4の解答: (a)-(イ) (b)-(ウ) (c)-(ア)

問4 溶解平衡が成立するとして考えてみよう(平衡は右に移動するので溶解平衡は成立)

化学平衡の法則を考えてみよう



結果として $[A]$ が減少したということは、



右方向 \rightarrow に進んだ。

ただし、 $[C]$ はすでに飽和している。すなわち、析出量が増加！

$[A]$ は減少、 $[C]$ は不变、Cの析出量は増加

問4の解答:(a)-(イ)、(b)-(ウ)、(c)-(ア)

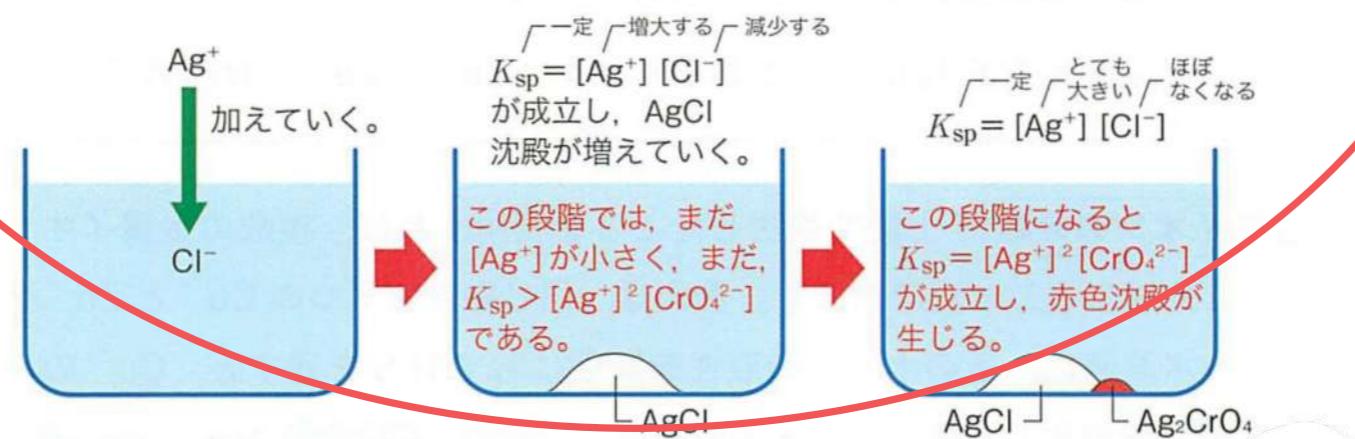
次の問は、
難溶性塩の溶解平衡です。

モール法(クロム酸イオンを指
示薬として用いる塩化物イオン
の定量法)が頻出です。

ただし、その出題内容は、塩化
物イオンの定量ではなく、モール
法の原理の確認です。

沈殿滴定と滴定の指示薬

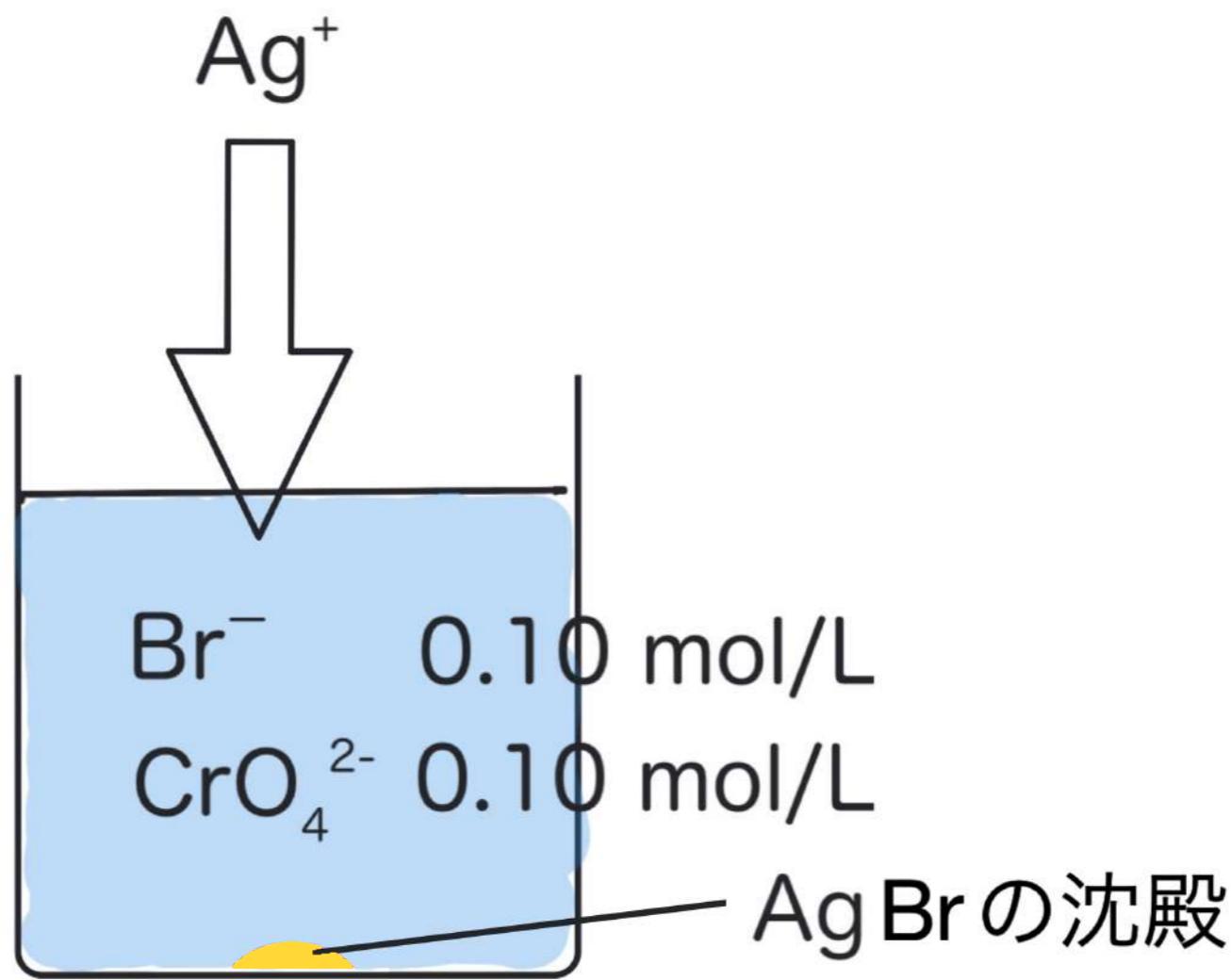
水溶液中の塩化物イオン Cl^- の量を定量したいとき、濃度既知の硝酸銀 AgNO_3 水溶液を少しずつ加え、ほぼすべての Cl^- を沈殿させる ($\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- \xrightarrow{\text{沈殿}} \text{AgCl}$) までに加えた AgNO_3 水溶液の体積を測定すれば、水溶液中の Cl^- の物質量と加えた銀イオン Ag^+ の物質量は互いに等しいので、 Cl^- の量を求めることができます。しかし、この場合、ほぼすべての Cl^- を沈殿させたことを知らせてくれる、指示薬が必要です。具体的には、適当な濃度のクロム酸カリウムを指示薬として用います。ほぼすべての Cl^- が沈殿して $[\text{Cl}^-]$ が小さくなると、 $K_{\text{sp}} = \frac{[\text{Ag}^+][\text{Cl}^-]}{[\text{CrO}_4^{2-}]}$ からわかるように、 $[\text{Ag}^+]$ が大きくなります。そのときになって、 $K_{\text{sp}} = [\text{Ag}^+]^2[\text{CrO}_4^{2-}]$ が成立し、赤色の Ag_2CrO_4 の沈殿が生じるように調整しておけば、この赤色沈殿が **沈殿滴定** の終点を知らせてくれます。この組合せの滴定は**モール法**とも呼ばれます。



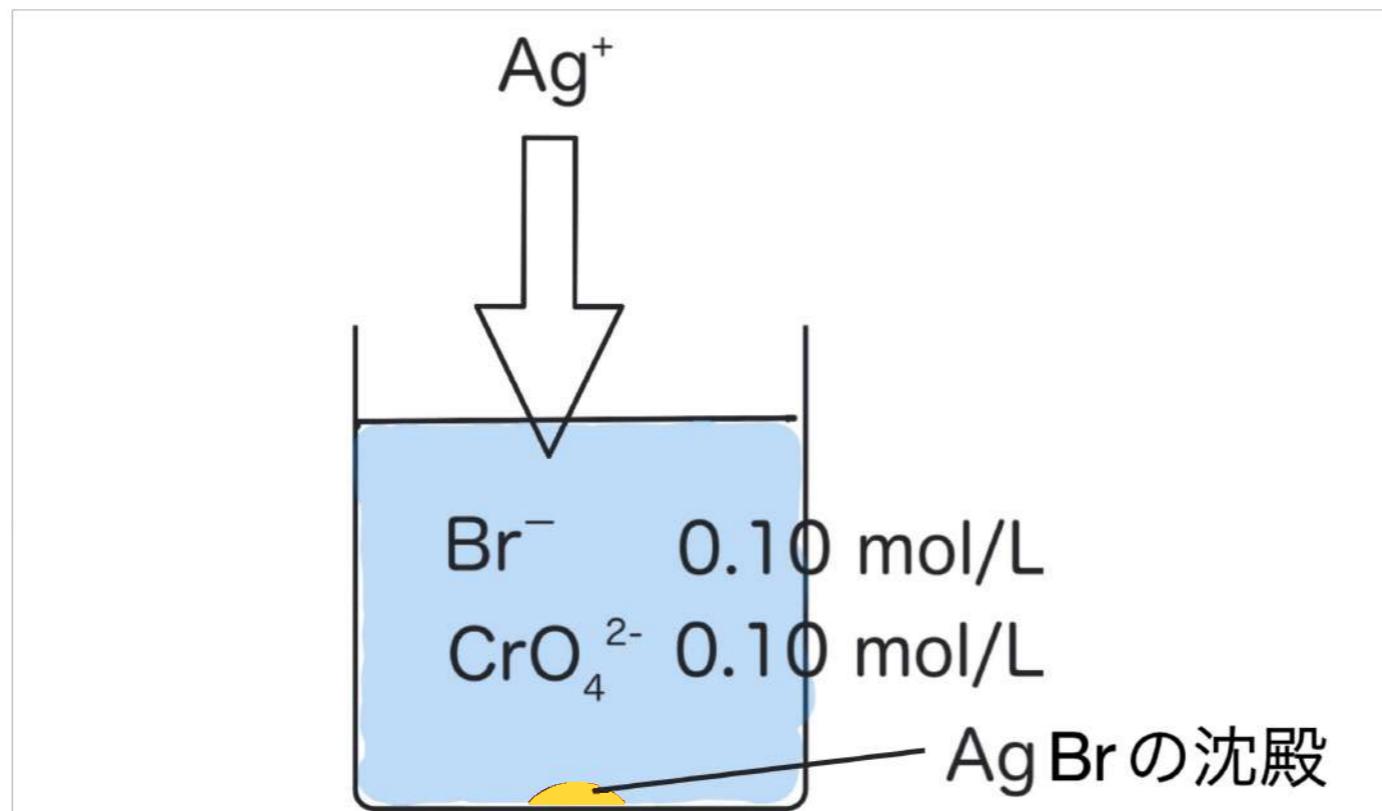
次頁以降に例を挙げます。

Br^-	0.10 mol/L
CrO_4^{2-}	0.10 mol/L

Br^- を滴定するのに、
指示薬として CrO_4^{2-} を加えておく。



Ag⁺の滴下開始後、
すぐにAgBrの沈殿が開始する。



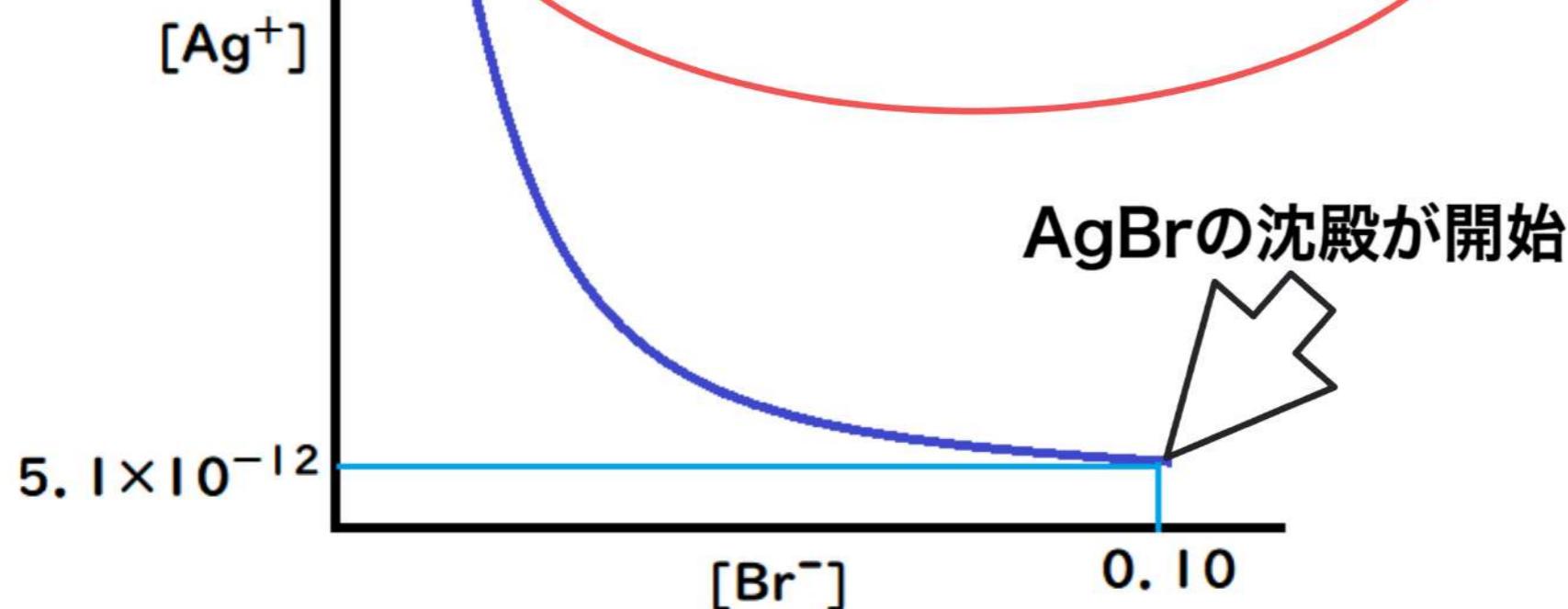
Ag⁺の滴下開始後、
すぐにAgBrの沈殿が開始する。

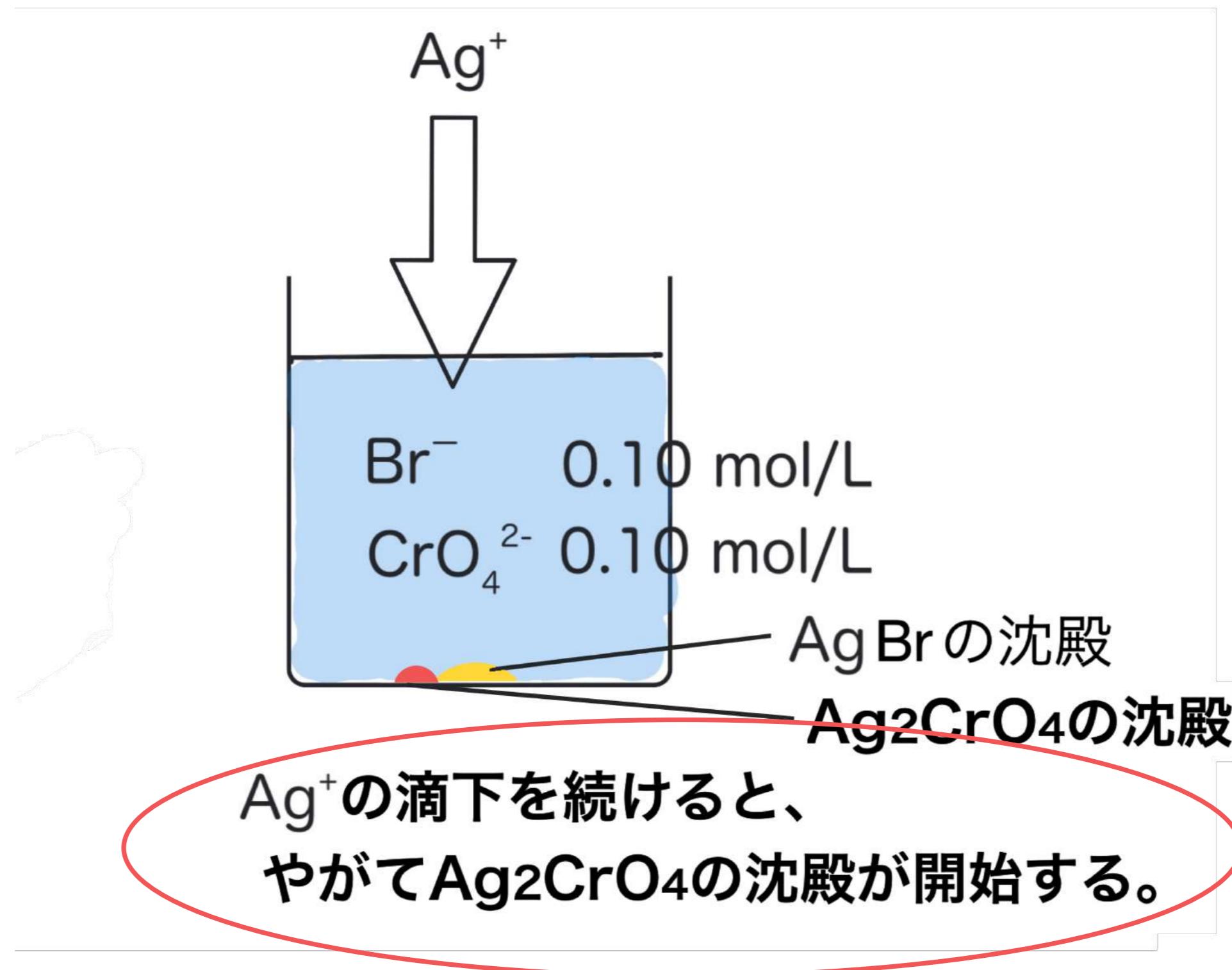
そのとき

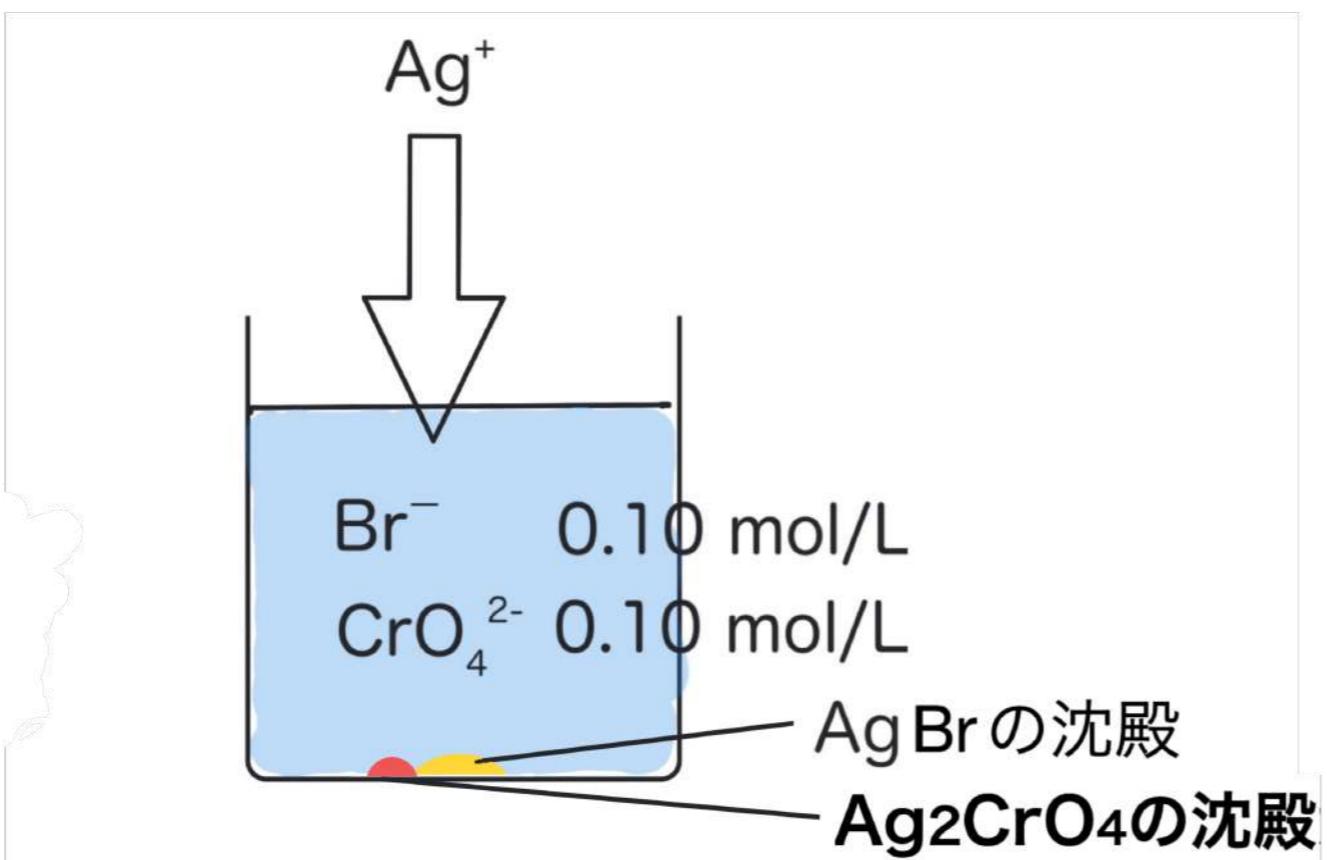
$$K_{\text{sp, AgBr}} = [\text{Ag}^+] [\text{Br}^-] = 5.1 \times 10^{-13} (\text{mol/L})^2$$

$$5.1 \times 10^{-13} = [\text{Ag}^+] \times 0.10 \quad \text{よって, } [\text{Ag}^+] = 5.1 \times 10^{-12} \text{ mol/L}$$

沈殿開始以降は
 $K_{sp} = [Ag^+] [Br^-]$ が成立し続けるので、
[Ag⁺]と[Br⁻]の関係は
次のグラフのように変化していく。







Ag⁺の滴下を続けると、
 やがてAg₂CrO₄の沈殿が開始する。

そのとき

$$K_{\text{sp, Ag}_2\text{CrO}_4} = [\text{Ag}^+]^2[\text{CrO}_4^{2-}] = 9.0 \times 10^{-13} \text{ (mol/L)}^3$$

$$9.0 \times 10^{-13} = [\text{Ag}^+]^2 \times 0.10 \quad \text{よって, } [\text{Ag}^+] = 3.0 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$$

Ag_2CrO_4 の沈殿が開始

3.0×10^{-6}

$[\text{Ag}^+]$

5.1×10^{-12}

かなり少ない

$[\text{Br}^-]$

0.10

Ag_2CrO_4 の沈殿開始時には
 $[\text{Ag}^+]$ がかなり大きくなっている。
すなわち、 $[\text{Br}^-]$
はかなり少なくなっている。

銀イオンとの反応で滴定する。

臭化物イオンと
クロム酸イオンがあった。

直ぐに臭化銀の
沈殿が始まった。

臭化銀の沈殿形成で
臭化物イオンが
ほぼ無くなったころ、
クロム酸銀の沈殿が
生じ始める。

すなわち、クロム酸イオンは、
銀イオンによる臭化物イオンの滴定における
指示薬として機能しています。

次の問は、
難溶性塩の溶解平衡です。



2-3 溶解度積 出典:大阪府立大学

問1の解答:③

答えることは簡単だが…

問1の解説:

① 飽和溶液である。沈殿が存在している。 \rightarrow 溶解平衡が成立している。

② 溶解平衡が成立している。 \rightarrow 化学平衡の法則が成立している。

$$K = \frac{[M^{m+}]^n [X^{n-}]^m}{[M_n X_m]} \rightarrow K \cdot [M_n X_m] = [M^{m+}]^n [X^{n-}]^m$$
$$K_{sp} = [M^{m+}]^n [X^{n-}]^m$$

③ 溶解度積 K_{sp} > イオン積 なら \rightarrow 化学平衡の法則は成立せず、沈殿は存在しない。

④ 溶解度積 K_{sp} < イオン積 なら \rightarrow 沈殿が生じ、化学平衡の法則が成立する。

2-3 溶解度積 出典:大阪府立大学

問1の解答:③

問1の解説:

① 飽和溶液である。沈殿が存在している。 \rightarrow 溶解平衡が成立している。

② 溶解平衡が成立している。 \rightarrow 化学平衡の法則が成立している。

$$K = \frac{[M^{m+}]^n [X^{n-}]^m}{[M_n X_m]} \rightarrow K \cdot [M_n X_m] = [M^{m+}]^n [X^{n-}]^m$$
$$K_{sp} = [M^{m+}]^n [X^{n-}]^m$$

③ 溶解度積 $K_{sp} >$ イオン積 なら \rightarrow 化学平衡の法則は成立せず、沈殿は存在しない。

④ 溶解度積 $K_{sp} <$ イオン積 なら \rightarrow 沈殿が生じ、化学平衡の法則が成立する。

2-3 溶解度積 出典:大阪府立大学

問1の解答:③

問1の解説:

① 飽和溶液である。沈殿が存在している。 \rightarrow 溶解平衡が成立している。

② 溶解平衡が成立している。 \rightarrow 化学平衡の法則が成立している。

$$K = \frac{[M^{m+}]^n [X^{n-}]^m}{[M_n X_m]} \rightarrow K \cdot [M_n X_m] = [M^{m+}]^n [X^{n-}]^m$$
$$K_{sp} = [M^{m+}]^n [X^{n-}]^m$$

③ 溶解度積 $K_{sp} >$ イオン積 なら \rightarrow 化学平衡の法則は成立せず、沈殿は存在しない。

④ 溶解度積 $K_{sp} <$ イオン積 なら \rightarrow 沈殿が生じ、化学平衡の法則が成立する。

2-3 溶解度積 出典:大阪府立大学

問1の解答:③

問1の解説:

- ① 飽和溶液である。沈殿が存在している。 \rightarrow 溶解平衡が成立している。
- ② 溶解平衡が成立している。 \rightarrow 化学平衡の法則が成立している。

$$K = \frac{[M^{m+}]^n [X^{n-}]^m}{[M_n X_m]} \rightarrow K \cdot [M_n X_m] = [M^{m+}]^n [X^{n-}]^m$$
$$K_{sp} = [M^{m+}]^n [X^{n-}]^m$$

③ 溶解度積 K_{sp} > イオン積 なら \rightarrow 化学平衡の法則は成立せず、沈殿は存在しない。

④ 溶解度積 K_{sp} < イオン積 なら \rightarrow 沈殿が生じ、化学平衡の法則が成立する。

2-3 溶解度積 出典:大阪府立大学

問1の解答:③

問1の解説:

- ① 飽和溶液である。沈殿が存在している。 \rightarrow 溶解平衡が成立している。
- ② 溶解平衡が成立している。 \rightarrow 化学平衡の法則が成立している。

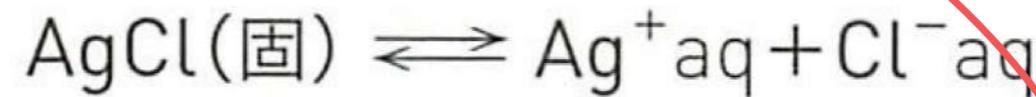
$$K = \frac{[M^{m+}]^n [X^{n-}]^m}{[M_n X_m]} \rightarrow K \cdot [M_n X_m] = [M^{m+}]^n [X^{n-}]^m$$
$$K_{sp} = [M^{m+}]^n [X^{n-}]^m$$

- ③ 溶解度積 $K_{sp} >$ イオン積 なら \rightarrow 化学平衡の法則は成立せず、沈殿は存在しない。
- ④ 溶解度積 $K_{sp} <$ イオン積 なら \rightarrow 沈殿が生じ、化学平衡の法則が成立する。

再考

● 難溶性塩の溶解平衡と溶解度積

水溶液中で次の溶解平衡が成立します。



化学平衡の法則を適用すると、

$$K = \frac{[\text{Ag}^{\text{+}}][\text{Cl}^{\text{-}}]}{[\text{AgCl(固)}]}$$

$[\text{AgCl(固)}]$ を、つまりは、 $K \cdot [\text{AgCl(固)}]$ を一定であると考えて、

$$K_{\text{sp}} = [\text{Ag}^{\text{+}}][\text{Cl}^{\text{-}}]$$

● 難溶性塩の沈殿の生成

$$K_{\text{sp}} < [\text{Ag}^{\text{+}}][\text{Cl}^{\text{-}}]$$

$K_{\text{sp}} = [\text{Ag}^{\text{+}}][\text{Cl}^{\text{-}}]$ が成立する方向、すなわち、 $[\text{Ag}^{\text{+}}]$ 、 $[\text{Cl}^{\text{-}}]$ が減少して AgCl が生成する方向に反応が進み、**AgCl の沈殿が生じます。**

$$K_{\text{sp}} > [\text{Ag}^{\text{+}}][\text{Cl}^{\text{-}}]$$

外部から手を加えない限り、どのように変化しても、

$K_{\text{sp}} = [\text{Ag}^{\text{+}}][\text{Cl}^{\text{-}}]$ が成立することはないので、**沈殿は生じません。**

問2の解答：AgCl

答えることは簡単だが…

～問2の解説：

- I. 白色沈殿は、AgClかPbCl₂のどちらか。
Ag₂CrO₄（赤褐色沈殿）やPbCrO₄（黄色沈殿）は有色沈殿であるから。
- II. イオンの濃度は、Ag⁺ ≫ Pb²⁺ である。
- III. （無機化学で）溶解度は、AgCl < PbCl₂ であることを学習した。
- IV. おそらく、白色沈殿はAgClであり、cの溶解度積がAgClの溶解度積であろう。

問2の解答：AgCl

問2の解説：

I. 白色沈殿は、AgClかPbCl₂のどちらか。
Ag₂CrO₄（赤褐色沈殿）やPbCrO₄（黄色沈殿）は有色沈殿であるから。

II. イオンの濃度は、Ag⁺ ≫ Pb²⁺である。

III. (無機化学で) 溶解度は、AgCl < PbCl₂であることを学習した。

IV. おそらく、白色沈殿はAgClであり、cの溶解度積がAgClの溶解度積であろう。

塩	K _{sp} (mol ² /L ² または mol ³ /L ³)	沈殿の色	
a	2.0 × 10 ⁻¹⁴	黄色	PbCrO ₄
b	2.0 × 10 ⁻¹²	赤褐色	Ag ₂ CrO ₄
c	1.8 × 10 ⁻¹⁰	白色	AgCl または PbCl ₂
d	1.7 × 10 ⁻⁵	白色	

問2の解答：AgCl

問2の解説：

I. 白色沈殿は、AgClかPbCl₂のどちらか。

Ag₂CrO₄（赤褐色沈殿）やPbCrO₄（黄色沈殿）は有色沈殿であるから。

II. イオンの濃度は、Ag⁺ ≫ Pb²⁺ である。

III. (無機化学で) 溶解度は、AgCl < PbCl₂ であることを学習した。

IV. おそらく、白色沈殿はAgClであり、cの溶解度積がAgClの溶解度積であろう。

塩	K _{sp} (mol ² /L ² または mol ³ /L ³)	沈殿の色	
a	2.0 × 10 ⁻¹⁴	黄色	PbCrO ₄
b	2.0 × 10 ⁻¹²	赤褐色	Ag ₂ CrO ₄
c	1.8 × 10 ⁻¹⁰	白色	AgCl
d	1.7 × 10 ⁻⁵	白色	PbCl ₂

問2の解答：AgCl

問2の解説：

- I. 白色沈殿は、AgClかPbCl₂のどちらか。
Ag₂CrO₄（赤褐色沈殿）やPbCrO₄（黄色沈殿）は有色沈殿であるから。
- II. イオンの濃度は、Ag⁺ ≫ Pb²⁺ である。
- III. （無機化学で）溶解度は、AgCl < PbCl₂ であることを学習した。
- IV. おそらく、白色沈殿はAgClであり、cの溶解度積がAgClの溶解度積であろう。

塩	K _{sp} (mol ² /L ² または mol ³ /L ³)	沈殿の色	
a	2.0 × 10 ⁻¹⁴	黄色	PbCrO ₄
b	2.0 × 10 ⁻¹²	赤褐色	Ag ₂ CrO ₄
c	1.8 × 10 ⁻¹⁰	白色	AgCl
d	1.7 × 10 ⁻⁵	白色	PbCl ₂

では、検証できますか？

PbCl₂は沈殿しないことの検証；

AgClは沈殿することの検証；

cの溶解度積がAgClの溶解度積であることの検証；

dの溶解度積はAgClの溶解度積ではないことの検証；

PbCl₂は沈殿しないことの検証：

$$[\text{Pb}^{2+}] = 1.0 \times 10^{-7} \times \frac{100}{100 + 1.0} \doteq 1.0 \times 10^{-7} \text{ (mol/L)}$$

$$[\text{Cl}^-] \leq 1.0 \times 10^{-2} \times \frac{1.0}{100 + 1.0} \doteq 1.0 \times 10^{-4} \text{ (mol/L)}$$

$$\text{すなわち, } [\text{Pb}^{2+}] [\text{Cl}^-]^2 \leq 1.0 \times 10^{-15} \text{ (mol}^3/\text{L}^3\text{)}$$

∴ [Pb²⁺] [Cl⁻]² < c や d の溶解度積 ← 沈殿しない！

水溶液A

Ag⁺; 1.0 × 10⁻⁵ mol/L
Pb²⁺; 1.0 × 10⁻⁷ mol/L

100mL

水溶液B

Cl⁻; 1.0 × 10⁻² mol/L 以下
CrO₄²⁻; 2.0 × 10⁻⁶ mol/L

1mL

すなわち、 $[Pb^{2+}][Cl^-]^2 \leq 1.0 \times 10^{-15}$ (mol³/L³)

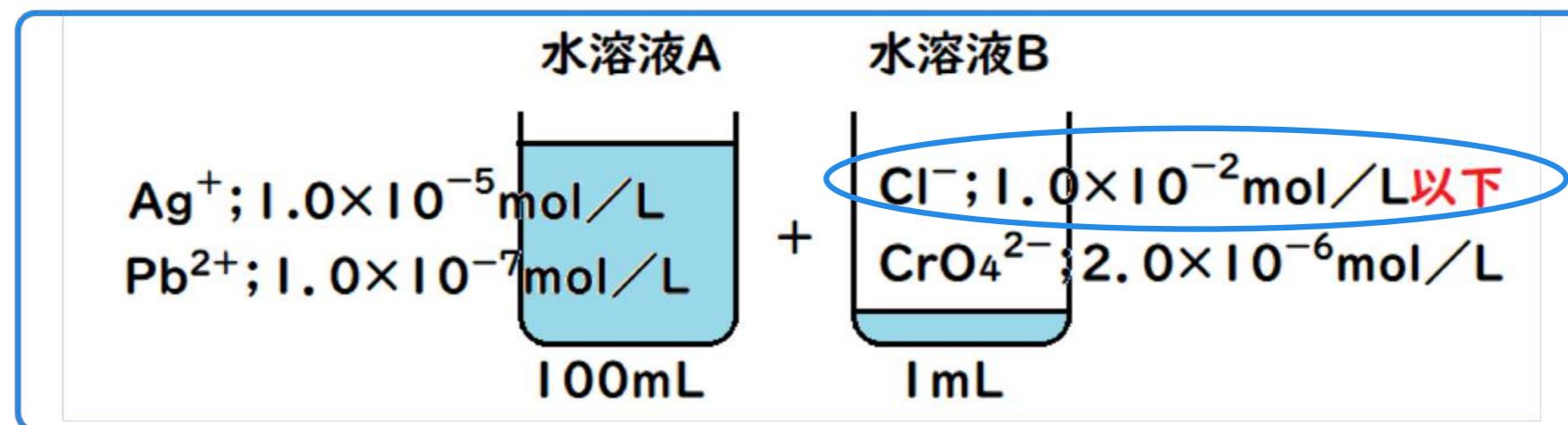
PbCl₂は沈殿しないことの検証：

$$[Pb^{2+}] = 1.0 \times 10^{-7} \times \frac{100}{100 + 1.0} \doteq 1.0 \times 10^{-7}$$
 (mol/L)

$$[Cl^-] \leq 1.0 \times 10^{-2} \times \frac{1.0}{100 + 1.0} \doteq 1.0 \times 10^{-4}$$
 (mol/L)

すなわち、 $[Pb^{2+}][Cl^-]^2 \leq 1.0 \times 10^{-15}$ (mol³/L³)

$\therefore [Pb^{2+}][Cl^-]^2 < c$ や d の溶解度積 ← 沈殿しない！



すなわち, $[Pb^{2+}] [Cl^-]^2 \leq 1.0 \times 10^{-15} \text{ (mol}^3/L^3)$

PbCl₂は沈殿しないことの検証:

$$[Pb^{2+}] = 1.0 \times 10^{-7} \times \frac{100}{100 + 1.0} \approx 1.0 \times 10^{-7} \text{ (mol/L)}$$

$$[Cl^-] \leq 1.0 \times 10^{-2} \times \frac{1.0}{100 + 1.0} \approx 1.0 \times 10^{-4} \text{ (mol/L)}$$

すなわち, $[Pb^{2+}] [Cl^-]^2 \leq 1.0 \times 10^{-15} \text{ (mol}^3/L^3)$

$\therefore [Pb^{2+}] [Cl^-]^2 < c$ や d の溶解度積 ←沈殿しない!

PbCl₂は沈殿しないことの検証：

$$[\text{Pb}^{2+}] = 1.0 \times 10^{-7} \times \frac{100}{100 + 1.0} \doteq 1.0 \times 10^{-7} \text{ (mol/L)}$$

$$[\text{Cl}^-] \leq 1.0 \times 10^{-2} \times \frac{1.0}{100 + 1.0} \doteq 1.0 \times 10^{-4} \text{ (mol/L)}$$

$$\text{すなわち, } [\text{Pb}^{2+}] [\text{Cl}^-]^2 \leq 1.0 \times 10^{-15} \text{ (mol}^3/\text{L}^3)$$

∴ [Pb²⁺] [Cl⁻]² < c や d の溶解度積 ← 沈殿しない!

塩	K_{sp} (mol ² /L ² または mol ³ /L ³)	沈殿の色	
a	2.0×10^{-14}	黄色	PbCrO ₄
b	2.0×10^{-12}	赤褐色	Ag ₂ CrO ₄
c	1.8×10^{-10}	白色	AgCl
d	1.7×10^{-5}	白色	PbCl ₂

- AgClは沈殿することの検証；
- cの溶解度積がAgClの溶解度積であることの検証；

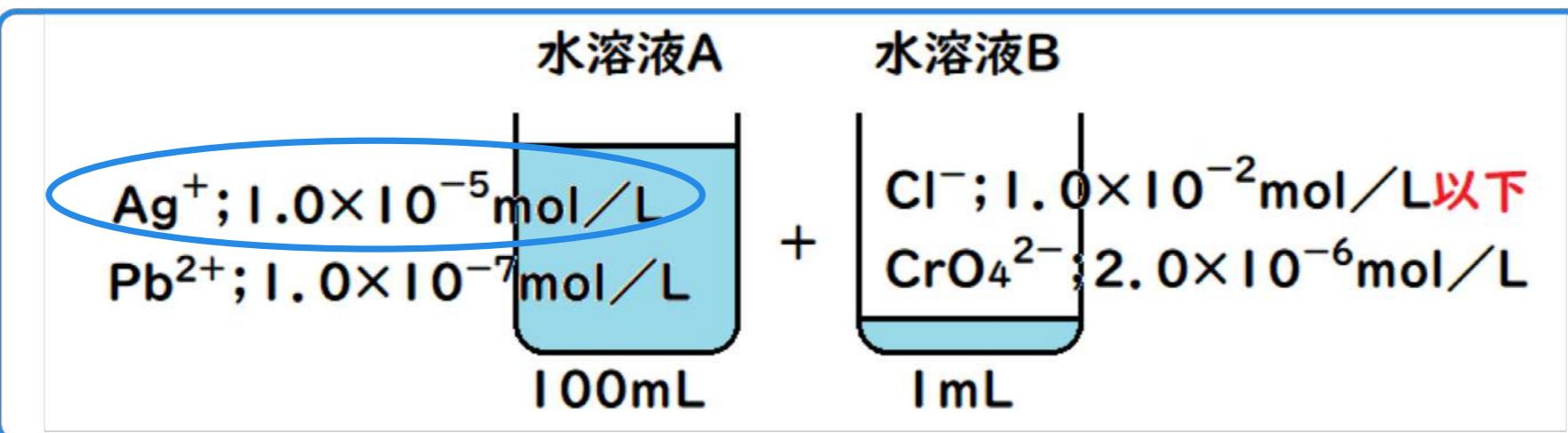
$$[\text{Ag}^+] = 1.0 \times 10^{-5} \times \frac{100}{100 + 1.0} \doteq 1.0 \times 10^{-5} \text{ (mol/L)}$$

$$[\text{Cl}^-] \leq 1.0 \times 10^{-2} \times \frac{1.0}{100 + 1.0} \doteq 1.0 \times 10^{-4} \text{ (mol/L)}$$

すなわち, $[\text{Ag}^+] [\text{Cl}^-] \leq 1.0 \times 10^{-9}$ (mol²/L²)

とは言っても, 1.0×10^{-9} (mol²/L²) よりそれほど極端に小さくないとすれば,

$[\text{Ag}^+] [\text{Cl}^-] > \text{cの溶解度積}$ ←沈殿する！・・・となる可能性はある。



- AgClは沈殿することの検証；
- cの溶解度積がAgClの溶解度積であることの検証；

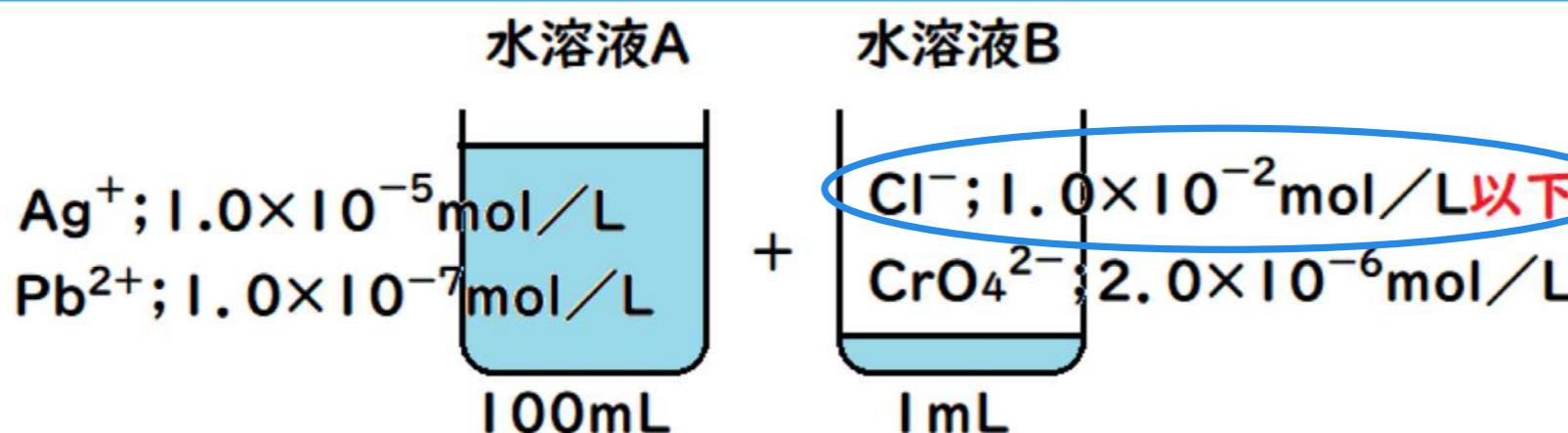
$$[\text{Ag}^+] = 1.0 \times 10^{-5} \times \frac{100}{100 + 1.0} \doteq 1.0 \times 10^{-5} \text{ (mol/L)}$$

$$[\text{Cl}^-] \leq 1.0 \times 10^{-2} \times \frac{1.0}{100 + 1.0} \doteq 1.0 \times 10^{-4} \text{ (mol/L)}$$

すなわち, $[\text{Ag}^+] [\text{Cl}^-] \leq 1.0 \times 10^{-9}$ (mol²/L²)

とは言っても, 1.0×10^{-9} (mol²/L²) よりそれほど極端に小さくないとすれば,

$[\text{Ag}^+] [\text{Cl}^-] > c$ の溶解度積 \longleftrightarrow 沈殿する！・・・となる可能性はある。



AgClは沈殿することの検証；

cの溶解度積がAgClの溶解度積であることの検証；

$$[Ag^+] = 1.0 \times 10^{-5} \times \frac{100}{100 + 1.0} \doteq 1.0 \times 10^{-5} \text{ (mol/L)}$$

$$[Cl^-] \leq 1.0 \times 10^{-2} \times \frac{1.0}{100 + 1.0} \doteq 1.0 \times 10^{-4} \text{ (mol/L)}$$

すなわち, $[Ag^+] [Cl^-] \leq 1.0 \times 10^{-9}$ (mol²/L²)

とは言っても, 1.0×10^{-9} (mol²/L²) よりそれほど極端に小さくないとすれば,

$[Ag^+] [Cl^-] > c$ の溶解度積 ←沈殿する！・・・となる可能性はある。

AgClは沈殿することの検証；

cの溶解度積がAgClの溶解度積であることの検証；

$$[Ag^+] = 1.0 \times 10^{-5} \times \frac{100}{100 + 1.0} \doteq 1.0 \times 10^{-5} \text{ (mol/L)}$$

$$[Cl^-] \leq 1.0 \times 10^{-2} \times \frac{1.0}{100 + 1.0} \doteq 1.0 \times 10^{-4} \text{ (mol/L)}$$

$$\text{すなわち, } [Ag^+] [Cl^-] \leq 1.0 \times 10^{-9} \text{ (mol}^2/\text{L}^2)$$

とは言っても、 1.0×10^{-9} (mol²/L²) よりそれほど極端に小さくないとすれば、

$[Ag^+] [Cl^-] > c$ の溶解度積 ←沈殿する！・・・となる可能性はある。

AgClは沈殿することの検証；

cの溶解度積がAgClの溶解度積であることの検証；

$$[\text{Ag}^+] = 1.0 \times 10^{-5} \times \frac{100}{100 + 1.0} \doteq 1.0 \times 10^{-5} \text{ (mol/L)}$$

$$[\text{Cl}^-] \leq 1.0 \times 10^{-2} \times \frac{1.0}{100 + 1.0} \doteq 1.0 \times 10^{-4} \text{ (mol/L)}$$

$$\text{すなわち, } [\text{Ag}^+] [\text{Cl}^-] \leq 1.0 \times 10^{-9} \text{ (mol}^2/\text{L}^2)$$

とは言っても、 1.0×10^{-9} (mol²/L²) よりそれほど極端に小さくないとすれば、

$[\text{Ag}^+] [\text{Cl}^-] > c$ の溶解度積 ←沈殿する！・・・となる可能性はある。

塩	K_{sp} (mol ² /L ² または mol ³ /L ³)	沈殿の色
a	2.0×10^{-14}	黄色
b	2.0×10^{-12}	赤褐色
c	1.8×10^{-10}	白色
d	1.7×10^{-5}	白色

PbCrO_4
 Ag_2CrO_4
 AgCl
 PbCl_2

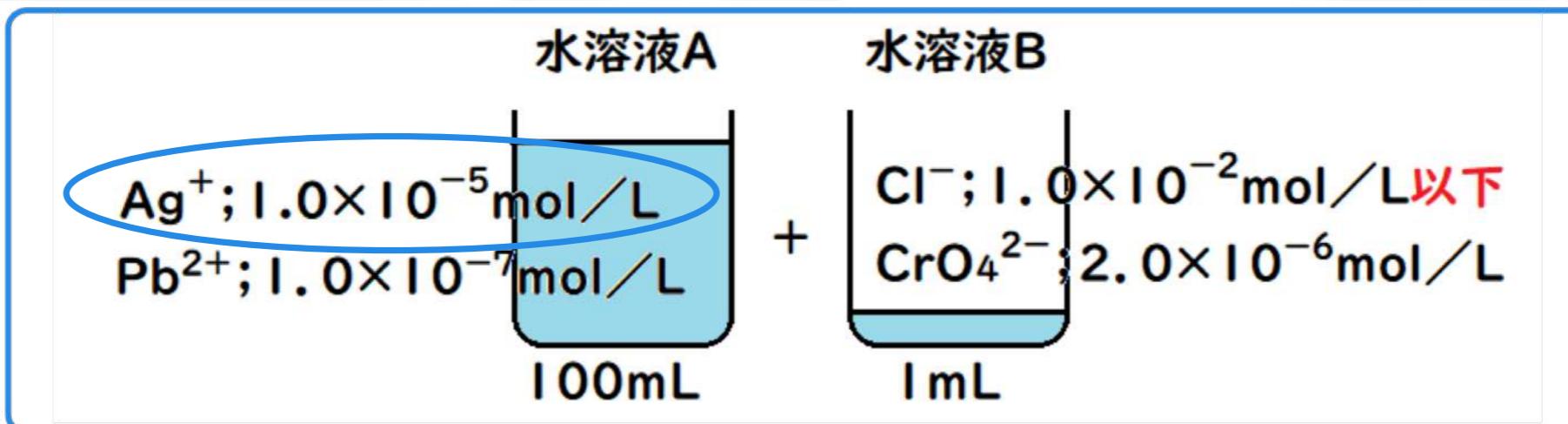
dの溶解度積はAgClの溶解度積ではないことの検証：

$$[Ag^+] = 1.0 \times 10^{-5} \times \frac{100}{100 + 1.0} \doteq 1.0 \times 10^{-5} \text{ (mol/L)}$$

$$[Cl^-] \leq 1.0 \times 10^{-2} \times \frac{1.0}{100 + 1.0} \doteq 1.0 \times 10^{-4} \text{ (mol/L)}$$

$$\text{すなわち, } [Ag^+] [Cl^-] \leq 1.0 \times 10^{-9} \text{ (mol}^2/\text{L}^2\text{)}$$

∴ $[Ag^+] [Cl^-] < d$ の溶解度積 ←沈殿しない！



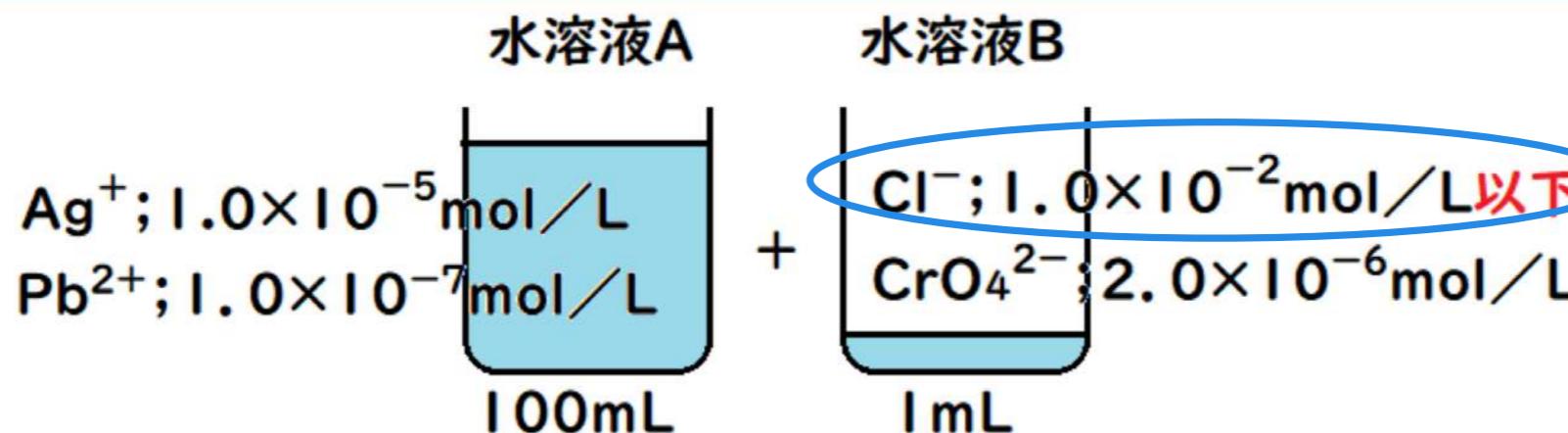
dの溶解度積はAgClの溶解度積ではないことの検証：

$$[Ag^+] = 1.0 \times 10^{-5} \times \frac{100}{100 + 1.0} \doteq 1.0 \times 10^{-5} \text{ (mol/L)}$$

$$[Cl^-] \leq 1.0 \times 10^{-2} \times \frac{1.0}{100 + 1.0} \doteq 1.0 \times 10^{-4} \text{ (mol/L)}$$

すなわち, $[Ag^+] [Cl^-] \leq 1.0 \times 10^{-9} \text{ (mol}^2\text{/L}^2\text{)}$

$\therefore [Ag^+] [Cl^-] < d\text{の溶解度積}$ ←沈殿しない!



— d の溶解度積は AgCl の溶解度積ではないことの検証： —————

$$[\text{Ag}^+] = 1.0 \times 10^{-5} \times \frac{100}{100 + 1.0} \doteq 1.0 \times 10^{-5} \text{ (mol/L)}$$

$$[\text{Cl}^-] \leq 1.0 \times 10^{-2} \times \frac{1.0}{100 + 1.0} \doteq 1.0 \times 10^{-4} \text{ (mol/L)}$$

すなわち, $[\text{Ag}^+] [\text{Cl}^-] \leq 1.0 \times 10^{-9} \text{ (mol}^2/\text{L}^2)$

$\therefore [\text{Ag}^+] [\text{Cl}^-] < \text{d の溶解度積}$ ←沈殿しない！

— d の溶解度積は AgCl の溶解度積ではないことの検証； —

$$[\text{Ag}^+] = 1.0 \times 10^{-5} \times \frac{100}{100 + 1.0} \doteq 1.0 \times 10^{-5} \text{ (mol/L)}$$

$$[\text{Cl}^-] \leq 1.0 \times 10^{-2} \times \frac{1.0}{100 + 1.0} \doteq 1.0 \times 10^{-4} \text{ (mol/L)}$$

すなわち, $[\text{Ag}^+] [\text{Cl}^-] \leq 1.0 \times 10^{-9} \text{ (mol}^2/\text{L}^2)$

∴ $[\text{Ag}^+] [\text{Cl}^-] < \text{d の溶解度積}$ ←沈殿しない！

塩	K_{sp} (mol ² /L ² または mol ³ /L ³)	沈殿の色	
a	2.0×10^{-14}	黄色	PbCrO ₄
b	2.0×10^{-12}	赤褐色	Ag ₂ CrO ₄
c	1.8×10^{-10}	白色	AgCl
d	1.7×10^{-5}	白色	PbCl ₂

では、検証できますか？

PbCl₂は沈殿しないことの検証；

AgClは沈殿することの検証；

cの溶解度積がAgClの溶解度積であることの検証；

dの溶解度積はAgClの溶解度積ではないことの検証；

検証完了！

問4前半の解答； $PbCrO_4$

答えることは簡単だが…

問4前半の解説；

- I. 生じた沈殿は、白色ではないので、 Ag_2CrO_4 か $PbCrO_4$ のどちらか。
- II. イオンの濃度は、 Ag^+ （沈殿が進み、かなり減少した） $\ll Pb^{2+}$ に違いない。
- III. おそらく、生じた沈殿は $PbCrO_4$ であろう。

問4前半の解答； PbCrO_4

～問4前半の解説；～

- I. 生じた沈殿は、白色ではないので、 Ag_2CrO_4 か PbCrO_4 のどちらか。
- II. イオンの濃度は、 Ag^+ （沈殿が進み、かなり減少した） $\ll \text{Pb}^{2+}$ に違いない。
- III. おそらく、生じた沈殿は PbCrO_4 であろう。

塩	K_{sp} (mol^2/L^2 または mol^3/L^3)	沈殿の色	
a	2.0×10^{-14}	黄色	PbCrO_4
b	2.0×10^{-12}	赤褐色	Ag_2CrO_4
c	1.8×10^{-10}	白色	AgCl
d	1.7×10^{-5}	白色	PbCl_2

問4前半の解答； PbCrO_4

～問4前半の解説；～

I. 生じた沈殿は、白色ではないので、 Ag_2CrO_4 か PbCrO_4 のどちらか。

II. イオンの濃度は、 Ag^+ （沈殿が進み、かなり減少した） $\ll \text{Pb}^{2+}$ に違いない。

III. おそらく、生じた沈殿は PbCrO_4 であろう。

塩	K_{sp} (mol^2/L^2 または mol^3/L^3)	沈殿の色	
a	2.0×10^{-14}	黄色	PbCrO_4
b	2.0×10^{-12}	赤褐色	Ag_2CrO_4
c	1.8×10^{-10}	白色	AgCl
d	1.7×10^{-5}	白色	PbCl_2

問4前半の解答； PbCrO_4

～問4前半の解説；～

I. 生じた沈殿は、白色ではないので、 Ag_2CrO_4 か PbCrO_4 のどちらか。

II. イオンの濃度は、 Ag^+ （沈殿が進み、かなり減少した） $\ll \text{Pb}^{2+}$ に違いない。

III. おそらく、生じた沈殿は PbCrO_4 であろう。

塩	K_{sp} (mol^2/L^2 または mol^3/L^3)	沈殿の色	
a	2.0×10^{-14}	黄色	PbCrO_4
b	2.0×10^{-12}	赤褐色	Ag_2CrO_4
c	1.8×10^{-10}	白色	AgCl
d	1.7×10^{-5}	白色	PbCl_2

では、検証できますか？

Ag_2CrO_4 は沈殿しないことの検証；

PbCrO_4 は沈殿することの検証；
aの溶解度積が PbCrO_4 の溶解度積である
(黄色沈殿より自明) ことの検証；

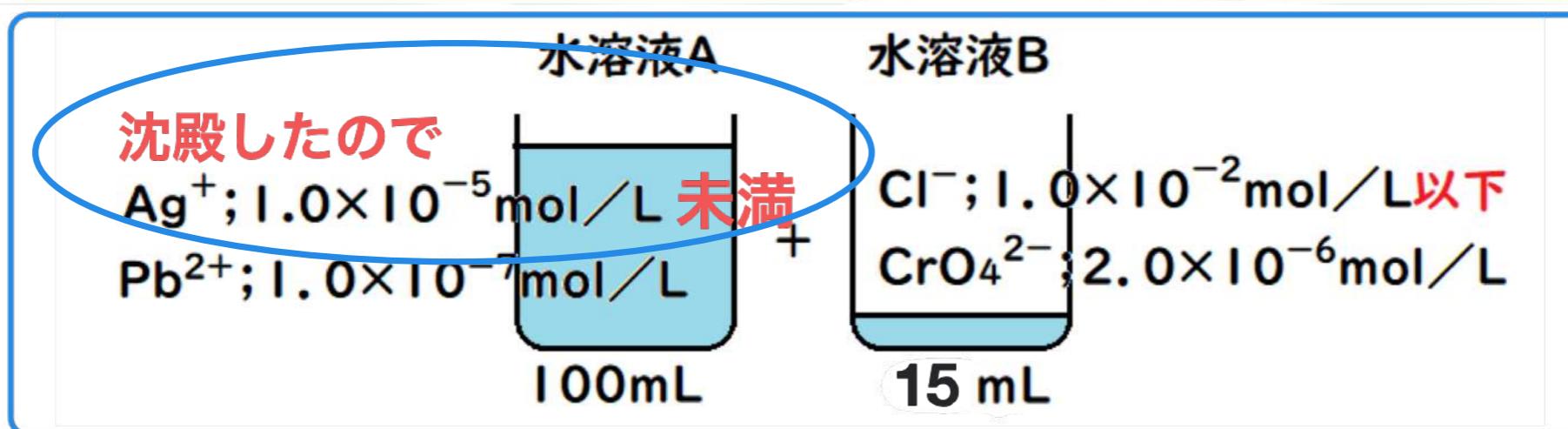
Ag_2CrO_4 は沈殿しないことの検証；

$$[\text{Ag}^+] < 1.0 \times 10^{-5} \text{ (mol/L)}$$

$$[\text{CrO}_4^{2-}] = 2.0 \times 10^{-6} \times \frac{15.0}{100 + 15.0} = 2.60 \times 10^{-7} \text{ (mol/L)}$$

$$\text{すなわち, } [\text{Ag}^+]^2 [\text{CrO}_4^{2-}] < (1.0 \times 10^{-5})^2 \times 2.60 \times 10^{-7} = 2.60 \times 10^{-17}$$

$\therefore [\text{Ag}^+]^2 [\text{CrO}_4^{2-}] < \text{aやbの溶解度積} \quad \leftarrow \text{沈殿しない!}$



Ag_2CrO_4 は沈殿しないことの検証：

$$[\text{Ag}^+] < 1.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$$

$$[\text{CrO}_4^{2-}] = 2.0 \times 10^{-6} \times \frac{15.0}{100 + 15.0} = 2.60 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$$

$$\text{すなわち}, [\text{Ag}^+]^2 [\text{CrO}_4^{2-}] < (1.0 \times 10^{-5})^2 \times 2.60 \times 10^{-7} = 2.60 \times 10^{-17}$$

$$\therefore [\text{Ag}^+]^2 [\text{CrO}_4^{2-}] < \text{aやbの溶解度積} \quad \leftarrow \text{沈殿しない!}$$

水溶液A

沈殿したので

$\text{Ag}^+; 1.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ 未満
 $\text{Pb}^{2+}; 1.0 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$

100mL

水溶液B

$\text{Cl}^-; 1.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ 以下
 $\text{CrO}_4^{2-}; 2.0 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$

15mL

Ag₂CrO₄は沈殿しないことの検証：

$$[Ag^+] < 1.0 \times 10^{-5} \text{ (mol/L)}$$

$$[CrO_4^{2-}] = 2.0 \times 10^{-6} \times \frac{15.0}{100 + 15.0} = 2.60 \times 10^{-7} \text{ (mol/L)}$$

すなわち, $[Ag^+]^2 [CrO_4^{2-}] < (1.0 \times 10^{-5})^2 \times 2.60 \times 10^{-7} = 2.60 \times 10^{-17}$

∴ $[Ag^+]^2 [CrO_4^{2-}] < a \text{ や } b \text{ の溶解度積} \quad \leftarrow \text{沈殿しない!}$

Ag₂CrO₄は沈殿しないことの検証：

$$[Ag^+] < 1.0 \times 10^{-5} \text{ (mol/L)}$$

$$[CrO_4^{2-}] = 2.0 \times 10^{-6} \times \frac{15.0}{100 + 15.0} = 2.60 \times 10^{-7} \text{ (mol/L)}$$

$$\text{すなわち, } [Ag^+]^2 [CrO_4^{2-}] < (1.0 \times 10^{-5})^2 \times 2.60 \times 10^{-7} = 2.60 \times 10^{-17}$$

∴ [Ag⁺]² [CrO₄²⁻] < aやbの溶解度積 ← 沈殿しない！

塩	K _{sp} (mol ² /L ² または mol ³ /L ³)	沈殿の色	
a	2.0 × 10 ⁻¹⁴	黄色	PbCrO ₄
b	2.0 × 10 ⁻¹²	赤褐色	Ag ₂ CrO ₄
c	1.8 × 10 ⁻¹⁰	白色	AgCl
d	1.7 × 10 ⁻⁵	白色	PbCl ₂

PbCrO₄は沈殿することの検証；

aの溶解度積がPbCrO₄の溶解度積である（黄色沈殿より自明）ことの検証；

$$[\text{Pb}^{2+}] = 1.0 \times 10^{-7} \times \frac{100}{100 + 15.0} = 8.69 \times 10^{-8} \text{ (mol/L)}$$

$$[\text{CrO}_4^{2-}] = 2.0 \times 10^{-6} \times \frac{15.0}{100 + 15.0} = 2.60 \times 10^{-7} \text{ (mol/L)}$$

すなわち, $[\text{Pb}^{2+}] [\text{CrO}_4^{2-}] = 8.69 \times 10^{-8} \times 2.60 \times 10^{-7} = 2.25 \times 10^{-14}$

$\therefore [\text{Pb}^{2+}] [\text{CrO}_4^{2-}] > a$ の溶解度積 ←沈殿する！

水溶液A

沈殿したので

$\text{Ag}^+; 1.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ 未満
 $\text{Pb}^{2+}; 1.0 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$

100mL

水溶液B

$\text{Cl}^-; 1.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ 以下
 $\text{CrO}_4^{2-}; 2.0 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$

15mL

PbCrO₄は沈殿することの検証；

aの溶解度積がPbCrO₄の溶解度積である（黄色沈殿より自明）ことの検証；

$$[\text{Pb}^{2+}] = 1.0 \times 10^{-7} \times \frac{100}{100 + 15.0} = 8.69 \times 10^{-8} \text{ (mol/L)}$$

$$[\text{CrO}_4^{2-}] = 2.0 \times 10^{-6} \times \frac{15.0}{100 + 15.0} = 2.60 \times 10^{-7} \text{ (mol/L)}$$

すなわち, $[\text{Pb}^{2+}] [\text{CrO}_4^{2-}] = 8.69 \times 10^{-8} \times 2.60 \times 10^{-7} = 2.25 \times 10^{-14}$

$\therefore [\text{Pb}^{2+}] [\text{CrO}_4^{2-}] > a$ の溶解度積 ←沈殿する！

水溶液A

沈殿したので

$\text{Ag}^+; 1.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$ 未満
 $\text{Pb}^{2+}; 1.0 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$

100mL

水溶液B

$\text{Cl}^-; 1.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ 以下
 $\text{CrO}_4^{2-}; 2.0 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$

15mL

- PbCrO₄は沈殿することの検証；
- aの溶解度積がPbCrO₄の溶解度積である（黄色沈殿より自明）ことの検証；

$$[\text{Pb}^{2+}] = 1.0 \times 10^{-7} \times \frac{100}{100 + 15.0} = 8.69 \times 10^{-8} \text{ (mol/L)}$$

$$[\text{CrO}_4^{2-}] = 2.0 \times 10^{-6} \times \frac{15.0}{100 + 15.0} = 2.60 \times 10^{-7} \text{ (mol/L)}$$

すなわち, $[\text{Pb}^{2+}] [\text{CrO}_4^{2-}] = 8.69 \times 10^{-8} \times 2.60 \times 10^{-7} = 2.25 \times 10^{-14}$

$\therefore [\text{Pb}^{2+}] [\text{CrO}_4^{2-}] > a$ の溶解度積 ←沈殿する！

PbCrO₄は沈殿することの検証；

aの溶解度積がPbCrO₄の溶解度積である（黄色沈殿より自明）ことの検証；

$$[\text{Pb}^{2+}] = 1.0 \times 10^{-7} \times \frac{100}{100 + 15.0} = 8.69 \times 10^{-8} \text{ (mol/L)}$$

$$[\text{CrO}_4^{2-}] = 2.0 \times 10^{-6} \times \frac{15.0}{100 + 15.0} = 2.60 \times 10^{-7} \text{ (mol/L)}$$

すなわち, $[\text{Pb}^{2+}] [\text{CrO}_4^{2-}] = 8.69 \times 10^{-8} \times 2.60 \times 10^{-7} = 2.25 \times 10^{-14}$

∴ $[\text{Pb}^{2+}] [\text{CrO}_4^{2-}] > a$ の溶解度積 ←沈殿する！

塩	K_{sp} (mol ² /L ² または mol ³ /L ³)	沈殿の色
a	2.0×10^{-14}	黄色
b	2.0×10^{-12}	赤褐色
c	1.8×10^{-10}	白色
d	1.7×10^{-5}	白色

PbCrO_4
 Ag_2CrO_4
 AgCl
 PbCl_2

では、検証できますか？

Ag_2CrO_4 は沈殿しないことの検証；

PbCrO_4 は沈殿することの検証；

a の溶解度積が PbCrO_4 の溶解度積である

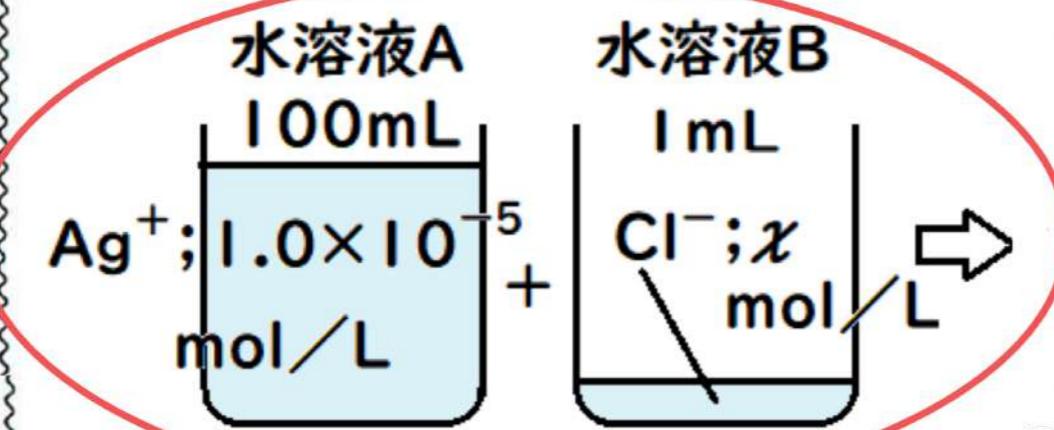
(黄色沈殿より自明) ことの検証；

検証完了！

問3の解答; $1.8 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$

溶解度積の式への代入!

問3の解説



$$\begin{aligned}\text{Ag}^+ & ; 1.0 \times 10^{-5} \times \frac{100}{100+1} \text{ mol/L} \\ \text{Cl}^- & ; x \times \frac{1}{100+1} \text{ mol/L}\end{aligned}$$

沈殿開始のとき、 $K_{\text{sp}}(\text{AgCl}) = [\text{Ag}^+] [\text{Cl}^-]$ が成立する。 \downarrow

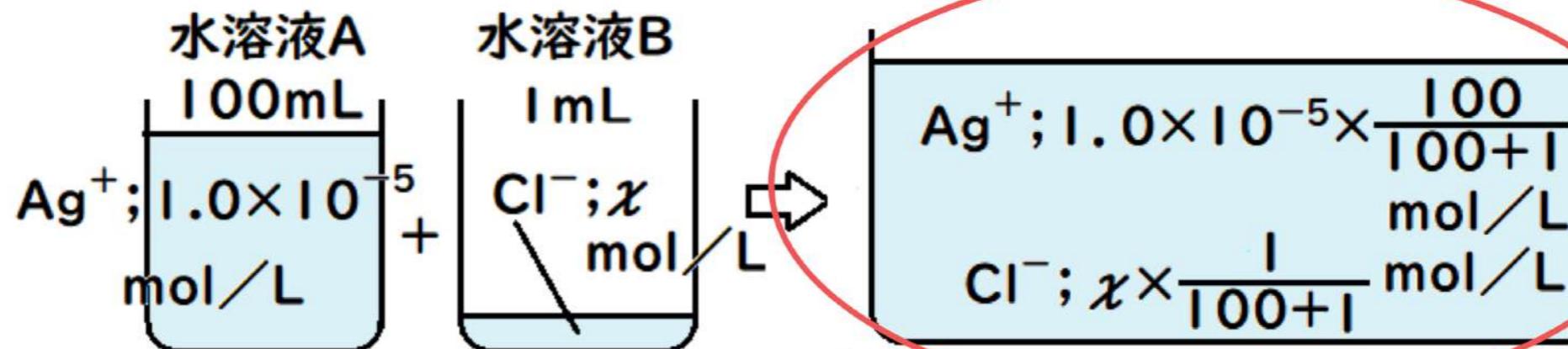
$$1.8 \times 10^{-10} = 1.0 \times 10^{-5} \times \frac{100}{100+1} \times x \times \frac{1}{100+1}$$

$$x = 1.83 \times 10^{-3} (\text{mol/L})$$

問3の解答; $1.8 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$

溶解度積の式への代入!

問3の解説



沈殿開始のとき、 $K_{\text{sp}}(\text{AgCl}) = [\text{Ag}^+] [\text{Cl}^-]$ が成立する。 \downarrow

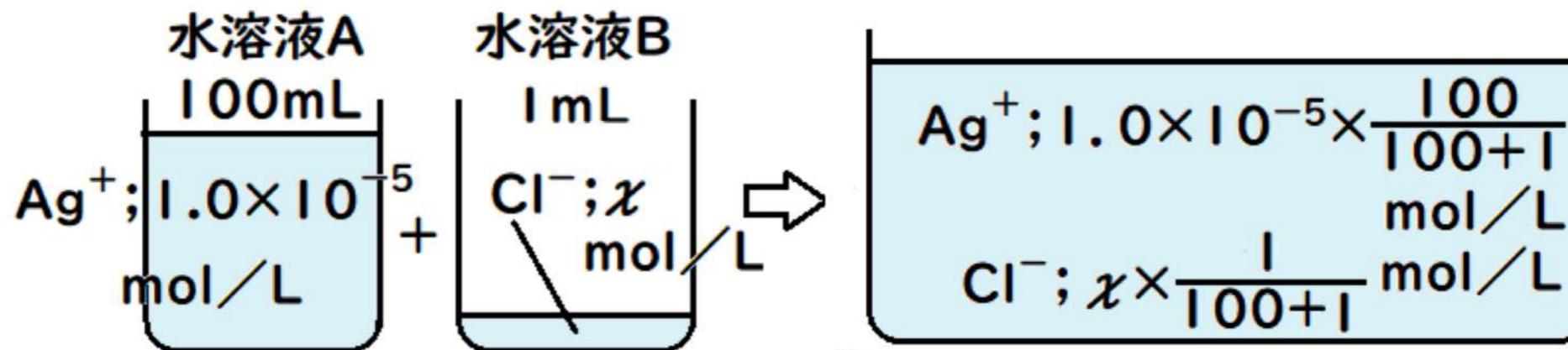
$$1.8 \times 10^{-10} = 1.0 \times 10^{-5} \times \frac{100}{100+1} \times x \times \frac{1}{100+1}$$

$$x = 1.83 \times 10^{-3} (\text{mol/L})$$

問3の解答; $1.8 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$

溶解度積の式への代入!

問3の解説



沈殿開始のとき、 $K_{\text{sp}}(\text{AgCl}) = [\text{Ag}^+] [\text{Cl}^-]$ が成立する。 ↴

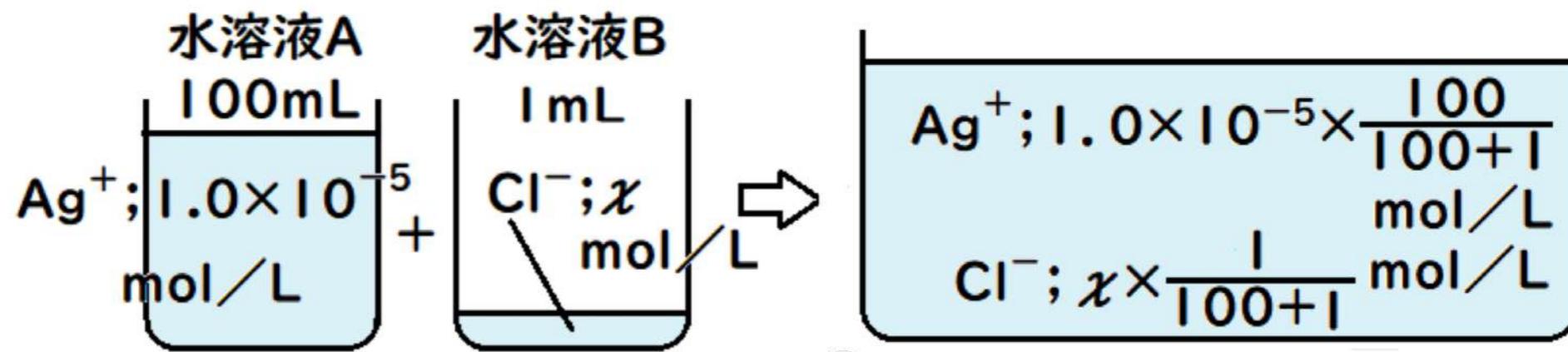
$$1.8 \times 10^{-10} = 1.0 \times 10^{-5} \times \frac{100}{100+1} \times x \times \frac{1}{100+1}$$

$$x = 1.83 \times 10^{-3} (\text{mol/L})$$

問3の解答; $1.8 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$

溶解度積の式への代入!

問3の解説



沈殿開始のとき、 $K_{\text{sp}}(\text{AgCl}) = [\text{Ag}^+] [\text{Cl}^-]$ が成立する。 \downarrow

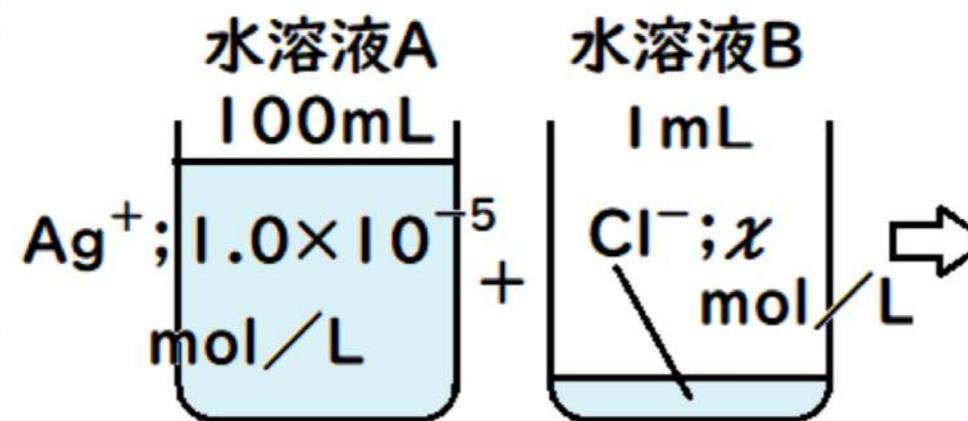
$$1.8 \times 10^{-10} = 1.0 \times 10^{-5} \times \frac{100}{100+1} \times x \times \frac{1}{100+1}$$

$$x = 1.83 \times 10^{-3} (\text{mol/L})$$

問3の解答; $1.8 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$

溶解度積の式への代入!

問3の解説



$$\begin{aligned}\text{Ag}^+ & ; 1.0 \times 10^{-5} \times \frac{100}{100+1} \text{ mol/L} \\ \text{Cl}^- & ; x \times \frac{1}{100+1} \text{ mol/L}\end{aligned}$$

沈殿開始のとき、 $K_{\text{sp}}(\text{AgCl}) = [\text{Ag}^+] [\text{Cl}^-]$ が成立する。 \downarrow

$$1.8 \times 10^{-10} = 1.0 \times 10^{-5} \times \frac{100}{100+1} \times x \times \frac{1}{100+1}$$

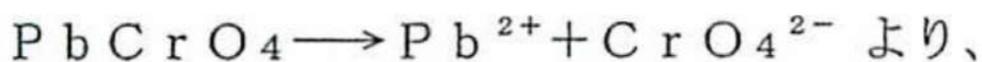
$$x = 1.83 \times 10^{-3} (\text{mol/L})$$

問4後半の解答； $1.4 \times 10^{-7} \text{ mol}$

問4後半の解説；

溶けるだけ溶ける（飽和溶液）。 \rightarrow 溶解平衡が成立する。 \rightarrow 化学平衡の法則が成立する。

PbCrO_4 が 1 L 中に $x \text{ mol}$ 溶けるとすると、



$$[\text{Pb}^{2+}] = x \text{ (mol/L)}$$

$$[\text{CrO}_4^{2-}] = x \text{ (mol/L)}$$

よって、 $K_{\text{sp}} = [\text{Pb}^{2+}][\text{CrO}_4^{2-}]$ より、 $2.0 \times 10^{-14} = x \times x$

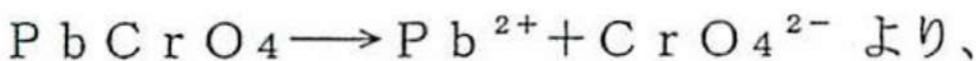
$$\therefore x = 1.41 \times 10^{-7} \text{ (mol/L)}$$

問4後半の解答； $1.4 \times 10^{-7} \text{ mol}$

問4後半の解説；

溶けるだけ溶ける（飽和溶液）。 \rightarrow 溶解平衡が成立する。 \rightarrow 化学平衡の法則が成立する。

PbCrO₄が 1 L 中に x mol 溶けるとすると、



$$[\text{Pb}^{2+}] = x \text{ (mol/L)}$$

$$[\text{CrO}_4^{2-}] = x \text{ (mol/L)}$$

$$\text{よって、} K_{\text{sp}} = [\text{Pb}^{2+}][\text{CrO}_4^{2-}] \text{ より、} 2.0 \times 10^{-14} = x \times x$$

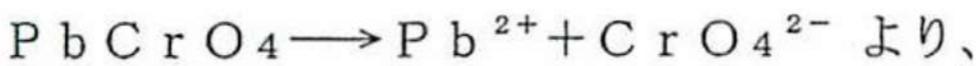
$$\therefore x = 1.41 \times 10^{-7} \text{ (mol/L)}$$

問4後半の解答： $1.4 \times 10^{-7} \text{ mol}$

問4後半の解説：

溶けるだけ溶ける（飽和溶液）。 \rightarrow 溶解平衡が成立する。 \rightarrow 化学平衡の法則が成立する。

PbCrO_4 が 1 L 中に $x \text{ mol}$ 溶けるとすると、



$$[\text{Pb}^{2+}] = x \text{ (mol/L)}$$

$$[\text{CrO}_4^{2-}] = x \text{ (mol/L)}$$

よって、 $K_{\text{sp}} = [\text{Pb}^{2+}][\text{CrO}_4^{2-}]$ より、 $2.0 \times 10^{-14} = x \times x$

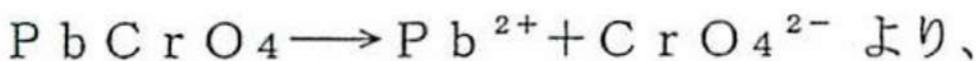
$$\therefore x = 1.41 \times 10^{-7} \text{ (mol/L)}$$

問4後半の解答； $1.4 \times 10^{-7} \text{ mol}$

問4後半の解説；

溶けるだけ溶ける（飽和溶液）。 \rightarrow 溶解平衡が成立する。 \rightarrow 化学平衡の法則が成立する。

PbCrO_4 が 1 L 中に $x \text{ mol}$ 溶けるとすると、



$$[\text{Pb}^{2+}] = x \text{ (mol/L)}$$

$$[\text{CrO}_4^{2-}] = x \text{ (mol/L)}$$

よって、 $K_{\text{sp}} = [\text{Pb}^{2+}][\text{CrO}_4^{2-}]$ より、 $2.0 \times 10^{-14} = x \times x$

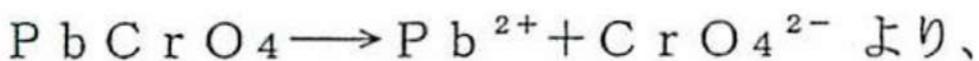
$$\therefore x = 1.41 \times 10^{-7} \text{ (mol/L)}$$

問4後半の解答； $1.4 \times 10^{-7} \text{ mol}$

問4後半の解説；

溶けるだけ溶ける（飽和溶液）。 \rightarrow 溶解平衡が成立する。 \rightarrow 化学平衡の法則が成立する。

PbCrO_4 が 1 L 中に $x \text{ mol}$ 溶けるとすると、



$$[\text{Pb}^{2+}] = x \text{ (mol/L)}$$

$$[\text{CrO}_4^{2-}] = x \text{ (mol/L)}$$

よって、 $K_{\text{sp}} = [\text{Pb}^{2+}][\text{CrO}_4^{2-}]$ より、 $2.0 \times 10^{-14} = x \times x$

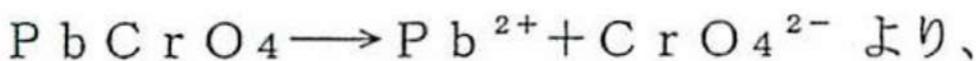
$$\therefore x = 1.41 \times 10^{-7} \text{ (mol/L)}$$

問4後半の解答： $1.4 \times 10^{-7} \text{ mol}$

問4後半の解説：

溶けるだけ溶ける（飽和溶液）。 \rightarrow 溶解平衡が成立する。 \rightarrow 化学平衡の法則が成立する。

PbCrO_4 が 1 L 中に $x \text{ mol}$ 溶けるとすると、



$$[\text{Pb}^{2+}] = x \text{ (mol/L)}$$

$$[\text{CrO}_4^{2-}] = x \text{ (mol/L)}$$

よって、 $K_{\text{sp}} = [\text{Pb}^{2+}][\text{CrO}_4^{2-}]$ より、 $2.0 \times 10^{-14} = x \times x$

$$\therefore x = 1.41 \times 10^{-7} \text{ (mol/L)}$$

日々の努力を
忘れないでね。

